



Mesure et étiologie des habiletés morphosyntaxiques des enfants francophones d'âge scolaire

Thèse

Catherine Mimeau

Doctorat en psychologie

Philosophiæ doctor (Ph. D.)

Québec, Canada

© Catherine Mimeau, 2015

Résumé

Le développement des habiletés langagières des jeunes enfants anglophones est bien documenté, mais les enfants appartenant à un autre groupe d'âge et/ou parlant une autre langue sont encore peu étudiés. L'objectif général de la thèse était donc d'examiner les habiletés morphosyntaxiques – les habiletés à construire des mots et des phrases – des enfants francophones d'âge scolaire. Dans un premier temps, différentes mesures de complexité morphosyntaxiques ont été évaluées quant à leur validité et à leur fidélité. Des enfants de la maternelle à la troisième année du primaire ont d'abord complété une tâche de définition et une tâche de narration, puis leurs réponses ont été transcrites. Différents scores de complexité morphosyntaxique ont ensuite été calculés à partir des transcriptions des deux contextes. Les analyses ont révélé que la longueur moyenne des énoncés (LMÉ), la densité des énoncés et le score global à la Grille de complexité morphosyntaxique étaient corrélés avec les connaissances lexicales et avec les habiletés narratives, et qu'ils augmentaient en fonction du niveau scolaire, suggérant leur validité. De plus, les trois scores étaient corrélés entre les contextes, suggérant leur fidélité. Dans un deuxième temps, l'étiologie génétique et environnementale du vocabulaire, de la syntaxe et de leur association a été étudiée auprès d'enfants francophones d'âge scolaire. Des jumeaux en première année du primaire ont complété deux tâches de vocabulaire et leur syntaxe a été mesurée à l'aide de la LMÉ et de la densité des énoncés. Des analyses génétiques multivariées à facteurs latents ont révélé que les habiletés lexicales étaient influencées surtout par l'environnement partagé entre les jumeaux, et moins par les gènes et par l'environnement unique, alors que les habiletés syntaxiques étaient influencées de façon égale par les gènes et par l'environnement unique seulement. De plus, l'association modérée entre le vocabulaire et la syntaxe était principalement due à des facteurs génétiques communs, soulevant l'idée que des mécanismes cognitifs généraux pourraient être à l'origine des deux composantes du langage. Les résultats novateurs de la thèse démontrent l'importance d'étudier le langage dans des populations autres qu'anglophones, et offrent aux chercheurs et aux cliniciens des outils pour le faire en français.

Abstract

The development of young English-speaking children's language skills is well documented, but children from other age groups and/or speaking other languages are studied less often. Therefore, the general objective of the thesis was to examine the morphosyntactic skills – the skills to build words and sentences – of French-speaking school-aged children. First, different measures of morphosyntactic complexity were evaluated with regard to their validity and their reliability. Children from kindergarten to Grade 3 completed a definition task and a narration task, and their answers were transcribed. Then, different scores of morphosyntactic complexity were computed from the transcripts of the two contexts. The analyses revealed that mean length of utterance (MLU), clause density, and the Morphosyntactic Complexity Scale global score were correlated with vocabulary knowledge and narrative skills, and that they increased as a function of school level, suggesting their validity. Moreover, the three scores were correlated across contexts, suggesting their reliability. Second, the genetic and environmental etiology of vocabulary, syntax, and their association was studied among French-speaking school-aged children. Grade 1 twins completed two vocabulary tasks and their syntax was measured using MLU and clause density. Multivariate latent factor genetic analyses revealed that lexical skills were influenced mainly by the environment shared between the twins, and less by genes and unique environment, whereas syntactic skills were influenced equally by genes and unique environment only. Moreover, the moderate association between vocabulary and syntax was mostly due to common genetic factors, raising the idea that general cognitive mechanisms may be at the origin of the two components of language. The novel findings of the thesis show the importance of studying language in populations speaking languages other than English, and offer researchers and practitioners some tools to do so in French.

Table des matières

RÉSUMÉ	III
ABSTRACT	V
TABLE DES MATIÈRES	VII
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTE DES FIGURES	XIII
LISTE DES ABRÉVIATIONS	XV
REMERCIEMENTS	XIX
AVANT-PROPOS	XXI
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION.....	1
1.1. La morphosyntaxe	4
1.2. L'intérêt de la morphosyntaxe	4
1.3. Le développement de la morphosyntaxe en français	5
1.4. Les mesures de morphosyntaxe	7
1.4.1. Les questionnaires parentaux	7
1.4.2. Les tests de compréhension	7
1.4.3. Les tests de production dirigée	8
1.4.4. L'analyse du langage spontané	8
1.4.4.1. La longueur moyenne des énoncés (LMÉ).....	9
1.4.4.2. Les faiblesses psychométriques de la LMÉ	9
1.4.4.3. Les alternatives à la LMÉ	15
1.5. L'étiologie de la morphosyntaxe	17
1.5.1. Les théories.....	17
1.5.1.1. L'empirisme	17
1.5.1.2. Le nativisme	19
1.5.1.3. L'interactionnisme social	21
1.5.1.4. L'émergentisme	22
1.5.2. Les études de jumeaux	23
1.5.2.1. Le principe des études de jumeaux.....	23
1.5.2.2. Les résultats des études de jumeaux	24
1.6. L'association entre la morphosyntaxe et les autres composantes du langage	27
1.6.1. L'hypothèse des composantes distinctes.....	27
1.6.2. L'hypothèse des composantes influencées par un même mécanisme	28
1.7. Les objectifs de la thèse	30
CHAPITRE 2 : COMPARISON OF MEASURES OF MORPHOSYNTACTIC COMPLEXITY IN FRENCH- SPEAKING SCHOOL-AGED CHILDREN	33
2.1. Résumé	35
2.2. Abstract	37
2.3. Introduction	39
2.3.1. Existing Measures of Morphosyntactic Complexity	39
2.3.2. The Present Study	40

2.4. Method	41
2.4.1. Participants	41
2.4.2. Procedure	42
2.4.3. Materials	42
2.4.3.1. Contexts	42
2.4.3.2. Measures of morphosyntactic complexity	43
2.5. Results	44
2.5.1. Descriptive Statistics	44
2.5.2. How Are MLU, Clause Density, and MSCS Scores Associated with Other Measures of Language?	45
2.5.3. Do MLU, Clause Density, and MSCS Scores Increase as a Function of School Level?	45
2.5.3.1. MLU	49
2.5.3.2. Clause density	49
2.5.3.3. MSCS global score	49
2.5.3.4. Average frequency	49
2.5.3.5. Average complexity	50
2.5.3.6. Interactions with context	50
2.5.3.7. Controlling for vocabulary knowledge and narrative skills	50
2.5.4. Are MLU, Clause Density, and MSCS Scores Stable across Contexts?	51
2.5.5. How Do MLU, Clause Density, and MSCS Scores Vary as a Function of Context?	51
2.6. Discussion	51
2.6.1. MLU	52
2.6.2. Clause Density	52
2.6.3. The MSCS	53
2.6.4. Context	54
2.7. Conclusion	55

CHAPITRE 3 : THE GENETIC AND ENVIRONMENTAL ETIOLOGY OF THE ASSOCIATION BETWEEN VOCABULARY AND SYNTAX IN FIRST GRADE	57
3.1. Résumé	59
3.2. Abstract	61
3.3. Introduction	63
3.3.1. The Twin Method	64
3.3.2. Previous Twin Studies in Toddlers	65
3.3.3. Previous Twin Studies in Older Children	66
3.3.4. The Present Study	67
3.4. Method	68
3.4.1. Participants	68
3.4.2. Procedure	69
3.4.3. Materials	69
3.4.3.1. Vocabulary	69
3.4.3.2. Syntax	69
3.4.4. Statistical Analysis	70
3.4.4.1. Data preparation	70
3.4.4.2. Univariate genetic analyses	71
3.4.4.3. Confirmatory factor analysis	71
3.4.4.4. Multivariate latent factor genetic analyses	71

3.5. Results	73
3.5.1. Phenotypic Analyses	73
3.5.2. Univariate Genetic Analyses	73
3.5.3. Confirmatory Factor Analysis	73
3.5.4. Multivariate Latent Factor Genetic Analyses	76
3.6. Discussion	76
3.6.1. The Etiology of Vocabulary and Syntax	76
3.6.2. The Etiology of the Association Between Vocabulary and Syntax	79
3.6.3. Limitations of the Present Study	81
3.7. Conclusion	82
CHAPITRE 4 : CONCLUSION	83
4.1. Les avancées dans le domaine de la morphosyntaxe	85
4.2. Les implications de la thèse	86
4.2.1. Les implications pour la recherche	86
4.2.1.1. <i>Le choix de la langue d'étude</i>	86
4.2.1.2. <i>Les décisions analytiques</i>	88
4.2.1.3. <i>Les facteurs à l'origine du langage</i>	90
4.2.1.4. <i>Les théories du langage</i>	91
4.2.2. Les implications pour la clinique	94
4.3. Les forces et les limites de la thèse	95
4.4. Des pistes de recherches futures	97
RÉFÉRENCES	101
ANNEXE A : MORPHOSYNTACTIC COMPLEXITY SCALE	113
ANNEXE B : FORMULAS USED IN THE GENETIC ANALYSES	117
Univariate Genetic Analyses	119
Multivariate Latent Factor Genetic Analyses	119

Liste des tableaux

Table 2.1	<i>Means (and Standard Deviations) for MLU, Clause Density, and MSCS Scores Calculated From the WPPSI/WISC and the ENNI as a Function of School Level.....</i>	46
Table 2.2	<i>Correlations Between MLU, Clause Density, and MSCS Scores Calculated From the WPPSI/WISC and the ENNI</i>	47
Table 2.3	<i>Correlations Between Vocabulary Knowledge and Narrative Skills, and MLU, Clause Density, and MSCS Scores Calculated From the WPPSI/WISC and the ENNI</i>	48
Table 3.1	<i>Means, Standard Deviations, and Number of Participants for Vocabulary (WISC and PPVT Scores) and Syntax (MLU and Clause Density) as a Function of Zygosity</i>	74
Table 3.2	<i>Phenotypic Correlations Between Vocabulary (WISC and PPVT Scores) and Syntax (MLU and Clause Density).....</i>	74
Table 3.3	<i>MZ and DZ Intra-Class Correlations and Number of Pairs, Standardized a, c, and e Parameter Estimates, and Model Fit Indices for Vocabulary (WISC and PPVT Scores) and Syntax (MLU and Clause Density).....</i>	75

Liste des figures

<i>Figure 3.1.</i> Schematic representation of the Cholesky decomposition model (a) and of its derived correlated factors model (b) for vocabulary and syntax	72
<i>Figure 3.2.</i> Correlated factors model of vocabulary and syntax with standardized parameter estimates [and 95% confidence intervals].....	77

Liste des abréviations

ANOVA	Analyse de variance / Analysis of variance
DSS	Developmental Sentence Scoring
DZ	Dizygote / Dizygotic
ENNI	Edmonton Narrative Norms Instrument
GCMS	Grille de complexité morphosyntaxique (voir MSCS)
IPS	Index of Productive Syntax
LARSP	Language Assessment Remediation and Screening Procedure
LMÉ	Longueur moyenne des énoncés (voir MLU)
MANOVA	Analyse de variance multivariée / Multivariate analysis of variance
MCDI	Inventaire MacArthur-Bates du développement de la communication / MacArthur Communicative Development Inventory
MLU	Mean length of utterance (voir LMÉ)
MSCS	Morphosyntactic Complexity Scale (voir GCMS)
MZ	Monozygote / Monozygotic
PPVT	Échelle de vocabulaire en images Peabody / Peabody Picture Vocabulary Test
QNTS	Étude de jumeaux nouveau-nés du Québec / Quebec Newborn Twin Study
SLI	Trouble spécifique du langage / Specific language impairment
TROG	Test for Reception of Grammar
VABS	Vineland Adaptive Behavior Scales
WISC	Échelle d'intelligence de Wechsler pour enfants / Wechsler Intelligence Scale for Children
WPPSI	Échelle d'intelligence de Wechsler pour la période préscolaire et primaire / Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence

*À Marie-Noëlle,
sans qui je n'aurais pu passer
à travers les cinq dernières années*

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier ma directrice de thèse, Ginette Dionne, pour les opportunités qu'elle m'a offertes, pour les commentaires qu'elle a trouvés le temps de me donner, même lorsque j'étais à la dernière minute, pour ses mots valorisants et encourageants, et pour l'autonomie qu'elle m'a permis de développer. J'aimerais également remercier mon co-directeur de thèse, Michel Boivin, pour ses idées d'envergure et pour ses réflexions uniques quant à mon projet de thèse. Merci aussi à Natacha Trudeau, membre de mon comité de thèse, pour son regard d'orthophoniste et pour ses suggestions précises et toujours très pertinentes, ainsi qu'à Chantal Desmarais et à Philip Dale, membres de mon jury de thèse, pour leurs commentaires constructifs et pour leur intérêt envers ma thèse.

Je me dois également de remercier Bei Feng et Hélène Paradis, qui m'ont guidée et motivée dans la réalisation de mes analyses statistiques, Nadine Forget-Dubois, pour sa pensée critique et pour son désir constant de former et de sensibiliser les étudiants qu'elle côtoie, et Marie-Noëlle St-Pierre, pour son intérêt dans mes projets et pour sa présence au sein du groupe de recherche.

Merci aussi à mes collègues, et plus particulièrement à Vickie Plourde, à Neila Diaz, à Gabrielle Garon-Carrier et à Jeffrey Henry, pour leur soutien, pour leur écoute et pour leurs confidences, qui m'ont permis de me sentir moins seule pendant la réalisation de mon doctorat. J'aimerais également remercier Marie-Josée Côte, Haniel Baillargeon-Lemieux, Catherine Lussier-Lévesque, Laurence Tanguay-Garneau, Carol-Ann Thouin, Laura Thivierge, Sophie Blais-Michaud, Myriam Gagnon-Couture, Sabrina Falardeau, Joanie Drouin et Anne-Marie Perron, sans qui je n'aurais pu terminer la transcription et la codification de centaines de fichiers, ainsi que Vickie Plourde, Andrée-Anne Ouellet et Marie Gwen Castel-Girard, qui ont joué un rôle crucial dans la première étude de ma thèse.

Je tiens aussi à remercier tous les participants qui ont pris part à la première étude de ma thèse, ainsi que leurs parents, leurs directeurs, et le personnel de leurs écoles, qui ont rendu mon projet possible. Merci également à toutes les familles qui font partie de l'Étude de jumeaux nouveau-nés du Québec, ainsi qu'aux chercheurs du Groupe de recherche sur l'inadaptation psychosociale qui ont mis sur pied cette étude, sans qui je n'aurais pu réaliser la deuxième étude de ma thèse.

Je me dois aussi de remercier le Fonds de recherche du Québec – Société et culture, le Conseil de recherches en sciences humaines du Canada, ainsi que le Fonds Rolland-R.-Tougas pour les généreuses bourses qu'ils m'ont offertes et sans lesquelles je n'aurais pu terminer mes études doctorales.

Je tiens également à remercier mes parents, Ginette et Rock, et ma sœur, Sophie, qui croient en moi depuis l'école primaire, qui me surestiment quelquefois, et qui m'ont souvent envoyé de l'énergie positive, ainsi que mes amis, pour leur intérêt envers mon projet de thèse, pour leurs encouragements, et pour leurs questions parfois naïves qui m'ont permis de développer mes aptitudes de vulgarisation !

Finalement, merci à ma femme, Marie-Noëlle, qui a été là dans les moments de désespoir et de déception comme dans les moments de succès et de célébration, qui a su brillamment raconter mon projet de thèse à ses collègues et amis, qui a été d'une très grande patience lors de mes heures prolongées de travail et de mes séjours à l'extérieur, et surtout, qui est la partie la plus merveilleuse de ma vie.

Avant-propos

Les Chapitres 2 et 3 de cette thèse sont des articles qui ont été soumis à des revues scientifiques pour publication. Les auteurs du Chapitre 2 sont, dans l'ordre, Catherine Mimeau, Vickie Plourde, Andrée-Anne Ouellet et Ginette Dionne, toutes affiliées à l'Université Laval. Les auteurs du Chapitre 3 sont, dans l'ordre, Catherine Mimeau, Ginette Dionne et Bei Feng, affiliées à l'Université Laval, Mara Brendgen, affiliée à l'Université du Québec à Montréal, Frank Vitaro, affilié à l'Université de Montréal, Richard E. Tremblay, affilié à University College Dublin et à l'Université de Montréal, et Michel Boivin, affilié à l'Université Laval et à Tomsk State University. En tant qu'auteure principale de ces deux articles, c'est moi qui ai fait la revue de la littérature, développé la majorité des idées, effectué les analyses statistiques avec l'aide de statisticiennes, et rédigé les documents sous la supervision de ma directrice de thèse.

Chapitre 1 :

Introduction

Le langage est une faculté qui fascine les chercheurs depuis toujours. Bien que ce mode de communication soit trop complexe pour que les animaux y aient accès, les humains l'acquièrent en quelques années seulement, et ce, sans instructions explicites. En particulier, la façon dont les humains créent des phrases en combinant des sons et des mots pour représenter une infinité d'idées a fait l'objet de plusieurs recherches et continue de générer des débats. C'est sur cette composante du langage – la morphosyntaxe – que porte la présente thèse.

Différentes questions en lien avec la morphosyntaxe peuvent être soulevées. D'abord, il convient de déterminer une façon de mesurer cette composante du langage. Différents outils existent, mais leur fiabilité est variable. Mesurent-ils adéquatement les variations présentes dans les habiletés morphosyntaxiques ? Sont-ils constants d'une prise de mesure à l'autre ? Il est également possible de se questionner sur les facteurs qui influencent le développement des habiletés morphosyntaxiques. À quel point notre matériel génétique a-t-il un rôle à jouer dans cette composante du langage ? Et qu'en est-il du milieu dans lequel nous nous développons ? Finalement, la morphosyntaxe ne pouvant exister sans les mots eux-mêmes, il convient d'étudier une autre composante du langage, le vocabulaire, et d'examiner la relation mais aussi la distinction entre celui-ci et la morphosyntaxe.

Par ailleurs, les habiletés langagières variant considérablement de la naissance à la fin de la vie, la population choisie pour étudier le langage est d'une grande importance. La majorité des recherches portent sur une des deux extrémités du continuum : la petite enfance, où le langage est acquis rapidement, ou bien l'âge adulte, où le langage est considéré comme étant maîtrisé. Les études sur les enfants d'âge scolaire se font donc plus rares, malgré le fait que l'apprentissage du langage ne soit pas encore complété à cette période du développement, et que le milieu scolaire puisse avoir un impact sur celui-ci. De même, les différentes langues n'étant pas constituées des mêmes structures morphosyntaxiques, le choix de la langue étudiée importe. Or, la majorité des études sont menées auprès de populations anglophones. Pourtant, l'examen de sujets parlant d'autres langues, par exemple, le français, permet d'obtenir un portrait plus global des apprentissages langagiers dont sont capables les humains.

Pour ces raisons, l'objectif général de la thèse est d'étudier les habiletés morphosyntaxiques des enfants francophones d'âge scolaire. La validité et la fidélité de différentes mesures de complexité morphosyntaxique ont été examinées dans une première étude, et la contribution relative des gènes et de l'environnement à la syntaxe, au vocabulaire et à leur association a été examinée dans une deuxième étude.

1.1. La morphosyntaxe

Les habiletés morphosyntaxiques réfèrent à la capacité d'utiliser adéquatement la morphologie et la syntaxe. La morphologie se définit comme l'ensemble des règles qui régissent la combinaison de morphèmes (c.-à-d., les plus petites unités de sens du langage) pour former des mots. Par exemple, en français, l'ajout du suffixe *-ment* à un adjectif permet souvent de former un adverbe (p. ex., *rapidement*). De même, l'ajout du suffixe *-ait* à une racine verbale permet de former l'imparfait à la troisième personne du singulier (p. ex., *marchait*). La syntaxe se définit comme l'ensemble des règles qui régissent la combinaison de mots pour former des syntagmes (c.-à-d., des groupes de mots formant une unité) et la combinaison de syntagmes pour former des phrases. Par exemple, en français, un nom commun doit être précédé d'un article pour former un syntagme nominal (p. ex., *le chat*). De même, un verbe doit être précédé de son sujet, le plus souvent un syntagme nominal, pour former une phrase (p. ex., *Le chat mange*).

1.2. L'intérêt de la morphosyntaxe

Les travaux de linguistes influents tel Chomsky (1965) portent principalement sur la morphosyntaxe. En effet, cette composante du langage intrigue les chercheurs, car malgré sa grande complexité, ses règles sont habituellement acquises rapidement et aisément par les enfants, et ce, sans enseignement explicite. De plus, aucune autre espèce que l'humain n'est en mesure d'acquérir de règles morphosyntaxiques. Ainsi, bien que certaines espèces animales développent naturellement une forme de vocabulaire (p. ex., des cris pour représenter des situations particulières), seul l'humain est capable de combiner des symboles pour exprimer un nombre illimité d'idées (Hauser, Chomsky, & Fitch, 2002). De même, les nombreux efforts déployés pour apprendre des règles morphosyntaxiques aux singes sont demeurés infructueux, malgré le succès de l'apprentissage lexical (Terrace, Petitto, Sanders, & Bever, 1979).

Par ailleurs, lorsque le langage se développe de façon atypique, la morphosyntaxe est plus souvent qu'autrement affectée (Rapin, 1996). Par exemple, les enfants atteints d'un trouble spécifique du langage (SLI), c'est-à-dire les enfants qui présentent un déficit langagier malgré une intelligence non verbale normale pour leur âge (American Psychiatric Association, 1994), sont moins habiles que les enfants à développement typique pour répéter des phrases, pour conjuguer des verbes à la troisième personne du singulier et au passé en anglais (Conti-Ramsden, Botting, & Faragher, 2001 ; Rice & Wexler, 1996), et pour comprendre des phrases complexes (Montgomery & Evans, 2009), ce qui souligne le rôle central de la morphosyntaxe dans le développement du langage.

Une autre raison de s'intéresser à la morphosyntaxe est que cette composante du langage est associée à d'importantes habiletés chez les enfants. Par exemple, les habiletés en lecture peuvent être prédites par les habiletés morphosyntaxiques dans la population normale (Adlof, Catts, & Lee, 2010), chez les enfants avec un

SLI (Botting, Simkin, & Conti-Ramsden, 2006), ainsi que chez les apprenants d'une langue seconde (Shiotsu & Weir, 2007). De même, les enfants qui éprouvent des difficultés scolaires utilisent une morphosyntaxe plus simple pour raconter une histoire comparativement aux enfants dans la moyenne à l'école (Gutierrez-Ciellen, 1998). Il importe donc d'étudier les habiletés morphosyntaxiques pour mieux comprendre et prédire d'autres sphères du développement langagier et cognitif.

1.3. Le développement de la morphosyntaxe en français

En anglais, les enfants produisent généralement leurs premiers mots autour de 1 an. Les premières combinaisons de mots font ensuite leur apparition environ six mois plus tard, ce qui marque le début de l'utilisation de règles morphosyntaxiques (Fenson et al., 1994). Bien que ces moments clés dans le développement langagier puissent se transposer à la langue française, les acquisitions ultérieures sont typiques à la langue d'usage. Rondal (1979) a donc publié l'ouvrage *Votre enfant apprend à parler* pour guider les parents dans le développement langagier de leurs enfants francophones. Ce livre ainsi que son prédécesseur *Langage et éducation*, publié un an plus tôt (Rondal, 1978), sont parmi les seuls à décrire en détail la séquence d'acquisition des éléments morphosyntaxiques de la langue française jusqu'au début de l'âge scolaire. L'auteur discute notamment de la production d'articles, de pronoms personnels, de prépositions et d'adverbes, de temps de verbes, de types de propositions et de relations entre propositions chez les enfants de 2 à 6 ans.

Selon Rondal (1978, 1979), autour de 2 ans, les enfants commencent à utiliser le pronom personnel *moi* (p. ex., *Auto à moi*). Ils ajoutent aussi à leur vocabulaire morphosyntaxique des prépositions de possession comme *à* et *de* (p. ex., *Bébé à Julie*) et la préposition *pour* (p. ex., *Pour toi*). De plus, à ce stade, ils ne sont en mesure que d'utiliser l'impératif (p. ex., *Donne !*). Leurs propositions interrogatives sont seulement basées sur l'intonation (p. ex., *Jus ?*) et leurs propositions négatives sont construites par l'apposition de *pas* ou de *pu* (p. ex., *Pu dodo*). Vers 2 ½ ans, les enfants parviennent à ajouter un article indéfini devant les noms qu'ils emploient (p. ex., *Un chien*). Les pronoms personnels *toi*, *je*, *tu* et *il* viennent également s'ajouter à *moi* (p. ex., *I' pas beau*). De plus, les adverbes de lieu font leur apparition (p. ex., *Viens ici*), tout comme les mots interrogatifs (p. ex., *Chien à qui ?*) et la coordination (p. ex., *Lait pis dodo*).

À 3 ans en moyenne, ce sont les articles définis qui font leur entrée dans les productions des enfants (p. ex., *Le chien*). Aussi, les pronoms personnels *elle*, *vous*, *me*, *le* et *la* apparaissent (p. ex., *Ça me fait mal*). Les enfants commencent également à employer des prépositions de lieu (p. ex., *Je vas chez mamie*), la préposition comitative *avec* (p. ex., *C'est un chat avec un lapin*), l'infinitif (p. ex., *Pour boire*) et le présent (p. ex., *Tu manges*). Six mois plus tard, les enfants complètent leur acquisition des articles en les accordant au pluriel (p. ex., *Des bonbons*). Le pluriel devient aussi présent dans les pronoms, avec *nous* et *on* (p. ex., *On*

joue à l'école). En plus, le passé composé (p. ex., *J'ai tout fini !*) et le futur périphrastique (p. ex., *On va aller à la garderie*) commencent à être utilisés (Rondal, 1978, 1979).

Autour de 4 ans, tous les pronoms personnels font partie du vocabulaire morphosyntaxique des enfants (p. ex., *Je vais leur montrer*). De même, la préposition *avec* est utilisée de façon instrumentale (p. ex., *Tu manges avec une fourchette*) et la négation est construite comme chez les adultes (p. ex., *Mais i'a pas de chapeau !*). Les relations entre les propositions commencent aussi à se complexifier avec l'apparition des subordonnées relatives (p. ex., *Je veux la pomme qui est là*), des subordonnées complétives (*Je sais qu'il est pas là*) et des subordonnées circonstancielles de cause et de conséquence (p. ex., *J'ai pas fini parce que j'aime pas ça*). Vers 4 ½ ans, les enfants insèrent des adverbes de temps dans leurs phrases (p. ex., *Demain, c'est congé*) et arrivent à employer l'infinitif passé (p. ex., *T'as une punition pour avoir fait ça*). Ils ajoutent aussi de nouvelles fonctions à leurs subordonnées circonstancielles (p. ex., *Je te le donne juste si t'es gentil*; Rondal, 1978, 1979).

C'est lorsqu'ils atteignent en moyenne l'âge de 5 ans que les enfants commencent à maîtriser le futur simple (p. ex. *Je serai un pompier*) et l'imparfait (p. ex., *Elle était très contente*). C'est aussi à cet âge qu'ils arrivent à inverser le sujet et le verbe dans leurs questions (p. ex., *As-tu déjà vu ça ?*). Quelques mois plus tard, ils emploient également des prépositions de temps (p. ex., *On se lave les mains avant le souper*) et le conditionnel (p. ex., *Tu serais beau de même !*). Les subordonnées circonstancielles de temps apparaissent également (p. ex., *J'ai pleuré quand t'es parti*). Finalement, autour de l'âge de 6 ans, les enfants produisent leurs premières propositions passives (p. ex., *La carotte a été mangée*; Rondal, 1978, 1979).

Des études empiriques plus récentes appuient la séquence développementale proposée par Rondal (1978, 1979). Par exemple, Bassano, Maillochon et Mottet (2008) ont montré que les enfants utilisaient la forme plurielle des articles plus tard que leur forme singulière. De plus, les résultats d'autres études indiquent que la production de pronoms personnels à la première personne du singulier précède la production de pronoms personnels aux deuxième et troisième personnes du singulier (Girouard, Ricard, & Gouin Décarie, 1997), et que la production de pronoms personnels disjoints (p. ex., *moi*) et conjoints sujets (p. ex., *je*) précède la production de pronoms personnels conjoints objets et réflexifs (p. ex., *me* ; Schmitz & Müller, 2008). Concernant la séquence développementale des temps de verbe, plusieurs auteurs ont observé que le présent et l'impératif apparaissaient avant le passé composé et le futur, qui apparaissent avant l'imparfait et le conditionnel (Bassano, 2000 ; Thordardottir, 2005 ; Trudeau & Sutton, 2011). Finalement, Strik (2007) a montré que les propositions interrogatives étaient d'abord formulées sans inversement du sujet et du verbe, et Vasilyeva, Waterfall et Huttenlocher (2008) ont observé que la coordination était acquise avant la subordination.

Suite à l'entrée à l'école, les changements qui se produisent dans les habiletés morphosyntaxiques des enfants sont plus subtils et beaucoup moins étudiés. Des chercheurs ont tout de même montré que les enfants utilisent des constructions complexes, comme les subordonnées relatives et complétives, de plus en plus fréquemment (Martinot, 2005 ; Nippold, Hesketh, Duthie, & Mansfield, 2005), qu'ils maîtrisent de mieux en mieux l'utilisation de certains éléments morphosyntaxiques, comme les pronoms (Karmiloff-Smith, 1986), et qu'ils font de moins en moins d'erreurs, comme l'ajout de *que* après les conjonctions (p. ex., *si que* ; Méresse-Polaert, 1969).

1.4. Les mesures de morphosyntaxe

1.4.1. Les questionnaires parentaux

Lorsque les enfants sont encore jeunes, des questionnaires parentaux sont souvent utilisés pour mesurer leurs habiletés morphosyntaxiques. Par exemple, le MacArthur Communicative Development Inventory (MCDI): Words and Sentences (Fenson et al., 1994), ainsi que son adaptation franco-qubécoise, l'Inventaire MacArthur-Bates du développement de la communication : mots et énoncés (Trudeau, Frank, & Poulin-Dubois, 1997), évaluent les habiletés lexicales et morphosyntaxiques des enfants de 1 ½ an à 2 ½ ans. Entre autres, les parents franco-qubécois doivent y indiquer si leur enfant conjugue les verbes à différents temps et personnes, s'il accorde les adjectifs en genre, et à quelle fréquence il combine les mots. Les parents doivent également noter les trois phrases les plus longues produites par leur enfant, et ils doivent indiquer, à l'aide d'un choix de réponse, quels types de phrases leur enfant produit le plus souvent (p. ex., *Papa parti* vs *Papa est parti*).

1.4.2. Les tests de compréhension

Lorsque les enfants sont plus vieux, il devient possible de tester leurs habiletés morphosyntaxiques directement. Un test populaire pour mesurer la compréhension des enfants est le Test for Reception of Grammar (TROG ; Bishop, 2003), ou son adaptation française, l'Épreuve de compréhension syntaxico-sémantique (Lecocq, 1996). Lors de ce test, l'expérimentateur présente à l'enfant quatre images et prononce une phrase. La tâche de l'enfant consiste à indiquer quelle image correspond à la phrase. Par exemple, pour la phrase *Ils sont assis sur la table*, les images sont les suivantes : (a) deux enfants sont debout et dessinent sur une table, (b) deux enfants sont assis sur un tapis, (c) un enfant est assis sur une table, et (d) deux enfants sont assis sur une table. Dans cet exemple, la quatrième image est la bonne réponse. Les deux premières images sont des distracteurs lexicaux, c'est-à-dire qu'elles permettent de mesurer les connaissances sur le plan du vocabulaire. Finalement, la troisième image permet d'évaluer les habiletés morphosyntaxiques puisqu'un enfant n'ayant pas saisi que *sont* est marqué par le pluriel pourrait aussi bien choisir la troisième image que la quatrième.

1.4.3. Les tests de production dirigée

Pour mesurer directement les habiletés de production des enfants, plusieurs chercheurs se sont inspirés du Wug Test, un test de production dirigée que Berko a conçu en 1958 pour les enfants anglophones. Une épreuve comparable pour les enfants francophones est le Test de closure grammaticale (Deltour, 1992). Lors de ces tests, l'expérimentateur présente à l'enfant une image illustrant un mot ou un non-mot et amène l'enfant à accorder ce mot ou ce non-mot (p. ex., au pluriel), à le conjuguer (p. ex., à la troisième personne du singulier) ou à le transformer en un mot ou un non-mot d'une autre classe (p. ex., un verbe en un nom). Dans un exemple classique avec un non-mot anglais, l'expérimentateur montre une image à l'enfant et lui dit « Voici un wug. » Il montre ensuite l'image de deux wugs et dit « Maintenant, il y a un autre wug. Il y en a deux. Il y a deux... » La tâche de l'enfant consiste à compléter la phrase de l'expérimentateur en prononçant correctement le pluriel de *wug*¹.

1.4.4. L'analyse du langage spontané

Une autre façon de mesurer les habiletés de production des enfants est d'analyser leur langage spontané. Cette méthode consiste à examiner le discours des enfants lorsqu'ils se trouvent dans un environnement naturel, c'est-à-dire un environnement susceptible de leur faire produire des verbalisations semblables à celles qu'ils produisent dans la vie de tous les jours. Étant donné que le langage spontané offre un large éventail d'informations sur plusieurs aspects du langage des enfants, incluant leurs habiletés morphosyntaxiques, il s'agit d'une méthode souvent privilégiée par les chercheurs. Toutefois, l'analyse du langage spontané nécessite beaucoup plus de temps et de ressources que l'utilisation de tests de production dirigée. Des chercheurs ont donc tenté de déterminer si la production dirigée et le langage spontané permettaient de tirer des conclusions similaires quant à la maîtrise de la morphosyntaxe.

Par exemple, Dever (1972) a examiné les habiletés morphosyntaxiques d'enfants ayant entre 6 et 10 ans d'âge mental en leur administrant le Wug Test et en analysant leur langage spontané. Il a comparé la proportion de productions correctes dans le Wug Test et en langage spontané pour 40 éléments morphosyntaxiques. De cette liste, seules quatre corrélations entre les résultats au Wug Test et ceux en langage spontané se sont avérées significatives, révélant une grande discordance entre les deux mesures. Dever précise que « plusieurs résultats de 0% au test étaient associés à des résultats de 100% en langage spontané » (p. 176), alors qu'« il y avait extrêmement peu de cas de résultats de 100% au test associés à un résultat de 0% en langage spontané » (p. 176). L'auteur explique qu'un enfant qui produit une réponse correcte au Wug Test montre qu'il connaît les règles reliées à l'élément morphosyntaxique évalué, mais que s'il produit une réponse incorrecte, il est impossible de savoir s'il connaît ou non les règles. En effet, des

¹ En anglais, la marque du pluriel est audible.

facteurs autres que l'ignorance des règles, comme la gêne ou le caractère peu naturel de la tâche, peuvent conduire un enfant à répondre incorrectement. Bref, un test de production dirigée comme le Wug Test renseigne sur la capacité des enfants de généraliser des règles morphosyntaxiques mais peut sous-estimer leur capacité d'appliquer correctement ces règles en langage spontané. L'analyse du langage spontané demeure donc la méthode permettant le mieux d'évaluer les habiletés morphosyntaxiques des enfants.

1.4.4.1. La longueur moyenne des énoncés (LMÉ)

L'analyse la plus couramment utilisée pour évaluer la production morphosyntaxique à l'aide du langage spontané est le calcul de la LMÉ (Brown, 1973). Cette mesure représente le nombre moyen de morphèmes par énoncé. Dans la présente thèse, un morphème est défini selon les critères de Rondal (1997), c'est-à-dire comme étant un mot ou une modification de mot audible marquant le féminin, le pluriel, le temps ou la personne. Par exemple, la phrase suivante comprend six morphèmes :

(1) La grenouille saute.

En effet, elle comprend trois mots (trois morphèmes), dont le premier est accordé au féminin (un morphème) et le dernier est conjugué au présent (un morphème) et à la troisième personne du singulier (un morphème).

Dans la présente thèse, un énoncé est également défini selon les critères de Rondal (1997), c'est-à-dire comme étant une phrase comprenant minimalement un sujet et un verbe conjugué et pouvant inclure une ou des propositions coordonnées et/ou subordonnées. Une séquence de mots ne correspondant pas à une phrase mais étant séparée du reste du discours par des pauses est aussi un énoncé. Toutefois, les hésitations ou les périodes de réflexion à l'intérieur d'une même phrase ne permettent pas de séparer cette phrase en plus d'un énoncé. Par exemple, la phrase suivante doit être considérée comme un seul énoncé, malgré la pause :

(2) L'oiseau se... pose sur la branche.

Pour qu'une séquence de mots ne correspondant pas à une phrase soit considérée comme un énoncé, elle doit donc être indépendante, comme dans la réponse suivante :

(3) - Qu'est-ce qu'une bicyclette ?
- Pour pédaler.

1.4.4.2. Les faiblesses psychométriques de la LMÉ

Bien que la LMÉ soit fréquemment utilisée pour mesurer la complexité morphosyntaxique dans de nombreuses langues, c'est aussi un outil beaucoup critiqué, notamment par rapport à sa validité. En effet,

plusieurs chercheurs ont observé qu'à partir de l'âge d'environ 3 ans, la LMÉ n'était plus ou que faiblement corrélée avec l'âge, ne reflétant donc pas la complexification morphosyntaxique qui se produit au-delà de cet âge (Karmiloff-Smith, 1986 ; Martinot, 2005 ; Méresse-Polaert, 1969 ; Nippold et al., 2005).

Par exemple, Klee et Fitzgerald (1985) ont calculé la LMÉ d'enfants anglophones de 2 et de 3 ans à partir de verbalisations émises en situation de jeu avec un expérimentateur. Leurs analyses ont révélé qu'il n'y avait pas de corrélation significative entre l'âge et la LMÉ. À l'inverse, Rondal, Ghiotto, Bredart et Bachelet (1987) ont observé une forte association entre l'âge et la LMÉ avec des enfants anglophones âgés de 1 ½ an à 2 ½ ans évalués en situation de jeu avec leur mère. Ce dernier groupe de chercheurs, en considérant les résultats de Klee et Fitzgerald et en examinant leurs propres résultats plus en détail, ont constaté que le lien entre l'âge et la LMÉ était présent surtout en deçà de 2.50 morphèmes par énoncé, ce qui correspond environ à l'âge de 2 ½ ans.

Parallèlement, Scarborough, Wyckoff et Davidson (1986) ont utilisé un devis longitudinal et un devis transversal pour étudier le développement de la LMÉ chez des enfants anglophones âgés de 2 à 5 ans en situation de jeu avec leur mère. Les auteurs ont examiné le graphique mettant en relation l'âge et la LMÉ et ils ont observé que dans leurs deux échantillons, cette relation diminuait à partir de 3 ans. Du côté francophone, Parisse et Le Normand (2006) ont obtenu des résultats similaires. Ils ont observé des enfants âgés entre 2 et 4 ans en situation de jeu avec un proche. Leurs analyses ont révélé une corrélation de .70 entre l'âge et la LMÉ pour les enfants âgés de 2 à 3 ans et une corrélation de seulement .23 pour les enfants âgés de 3 à 4 ans.

L'absence de corrélation entre l'âge et la LMÉ chez les enfants de plus de 3 ans pourrait s'expliquer par le fait que la LMÉ n'est plus sensible aux différences individuelles sur le plan de la morphosyntaxe au-delà de cet âge. Cette hypothèse est soutenue par les travaux de plusieurs chercheurs. Par exemple, Klee et Fitzgerald (1985) ont divisé leurs sujets de 2 et de 3 ans en trois groupes en fonction de leur LMÉ : le premier groupe se situait entre 2.50 et 2.99, le deuxième entre 3.00 et 3.49, et le troisième entre 3.50 et 3.99. Ils ont ensuite comparé les groupes sur le plan de la complexité morphosyntaxique évaluée à l'aide de la Language Assessment Remediation and Screening Procedure (LARSP ; Crystal, Fletcher, & Garman, 1976). La LARSP est une mesure qualitative des habiletés morphosyntaxiques à partir de laquelle Klee et Fitzgerald ont calculé la fréquence et la diversité de certaines structures morphosyntaxiques.

Les auteurs (Klee & Fitzgerald, 1985) ont constaté une augmentation significative de la fréquence d'utilisation des morphèmes liés (p. ex., *-ed*) en fonction de la LMÉ. Ils ont aussi observé que les enfants du premier groupe produisaient moins fréquemment des énoncés de trois éléments (p. ex., *Je / mange / une pomme*) que les enfants des deux autres groupes. Par contre, les enfants des trois groupes produisaient tous à fréquence

égale des énoncés de deux éléments (p. ex., *Sara / arrive*), des énoncés de quatre éléments (p. ex., *Je / mange / ma pomme / rapidement*) et des énoncés complexes (p. ex., *Elle a dit qu'elle viendrait*). De même, aucune différence significative n'a été observée entre les groupes en ce qui concerne la fréquence de syntagmes de deux éléments (p. ex., *mon / sac*), la fréquence de syntagmes de trois éléments (p. ex., *mon / gros / sac*), la fréquence de syntagmes de quatre éléments (p. ex., *dans / mon / gros / sac*) et la fréquence de syntagmes post-modifiés (p. ex., *le sac qui est dans ma chambre*).

Pour ce qui est de la diversité, seul le nombre de morphèmes liés différents a augmenté de façon significative d'un groupe à l'autre. Le nombre de types différents d'énoncés (p. ex., sujet-verbe-adverbe, sujet-verbe-objet) et le nombre de types différents de syntagmes (p. ex., déterminant-adjectif-nom, préposition-déterminant-nom) sont demeurés stables d'un groupe à l'autre. Bref, chez les enfants de 2 et de 3 ans, la LMÉ semble être sensible à l'utilisation de morphèmes liés et d'énoncés de trois éléments, mais pas à d'autres indices de complexification de la morphosyntaxe. En d'autres mots, des LMÉ différentes correspondraient à des habiletés morphosyntaxiques plutôt semblables (Klee & Fitzgerald, 1985).

Toutefois, Rondal et al. (1987) ont obtenu des résultats opposés à ceux de Klee et Fitzgerald (1985) avec des enfants de 1 ½ an à 2 ½ ans ayant des LMÉ se situant entre 1.05 et 3.06. En effet, en appliquant la méthode de Klee et Fitzgerald à leurs données, Rondal et al. ont observé des différences de groupes pour la fréquence de morphèmes liés, la fréquence d'énoncés de trois éléments et d'énoncés plus complexes et la fréquence de syntagmes de deux éléments, de syntagmes de trois éléments et de syntagmes plus complexes. Dans tous les cas, les enfants avec une LMÉ plus élevée produisaient ces structures morphosyntaxiques de façon plus fréquente que les enfants avec une LMÉ moins élevée. De même, les morphèmes liés, les types d'énoncés et les types de syntagmes étaient plus diversifiés chez les enfants avec une LMÉ plus élevée que chez les enfants avec une LMÉ moins élevée. En tenant compte des résultats de Klee et Fitzgerald, Rondal et al. ont suggéré que la LMÉ serait sensible aux différences individuelles sur le plan de la morphosyntaxe en deçà d'environ trois morphèmes par énoncé.

Pour tester cette hypothèse, Blake, Quartaro et Onorati (1993) ont étudié des enfants anglophones de 1 ½ an à 5 ans en situation de jeu avec un expérimentateur. Ils ont divisé les enfants en quatre groupes en fonction de leur LMÉ : le premier groupe se situait entre 1.40 et 2.74, le deuxième entre 2.75 et 3.49, le troisième entre 3.50 et 4.49, et le quatrième entre 4.50 et 5.99. À l'aide de la LARSP, ils ont comparé les habiletés morphosyntaxiques des enfants de chaque groupe. Blake et ses collaborateurs ont observé que la fréquence d'énoncés de deux éléments diminuait de façon significative du premier groupe au deuxième et du deuxième groupe au troisième. Par contre, aucune différence significative n'a été obtenue entre les troisième et quatrième groupes. De plus, le premier groupe produisait des syntagmes de deux éléments moins

fréquemment que tous les autres groupes, qui ne se différencient pas entre eux de façon significative. Finalement, la fréquence de syntagmes de trois éléments augmentait de façon significative du premier au troisième et du premier au quatrième groupe, mais il n'y avait pas de différence entre le deuxième et le troisième groupe ni entre le troisième et le quatrième groupe. En somme, les différences morphosyntaxiques se situaient uniquement entre les enfants avec des LMÉ moins élevées. Ainsi, à partir d'environ 2.75 morphèmes par énoncé, la LMÉ n'était plus sensible aux variations développementales dans les habiletés morphosyntaxiques.

D'autres chercheurs ont obtenu des résultats similaires en comparant la LMÉ à l'Index of Productive Syntax (IPS ; Scarborough, 1990), une mesure quantitative qui offre une description plus détaillée des habiletés morphosyntaxiques. Ils ont étudié des enfants anglophones de 2 à 4 ans en situation de jeu avec leur mère et ont constaté que les habiletés morphosyntaxiques des enfants augmentaient de façon linéaire en fonction de leur LMÉ jusqu'à une LMÉ d'environ 3.00 ($r = .93$). Au-delà de ce point, la relation, quoique toujours significative, diminuait de façon marquée ($r = .58$; Scarborough, Rescorla, Tager-Flusberg, Fowler, & Sudhalter, 1991). Des résultats équivalents ont été obtenus par Scarborough (1990) avec un devis longitudinal. En effet, avec des enfants étudiés dans les mêmes conditions que celles fixées par Scarborough et al. (1991), des corrélations de .91, .75, .82, .60 et .45 ont été obtenues entre la LMÉ et l'IPS lorsque les enfants avaient respectivement 2 ans, 2 ½ ans, 3 ans, 3 ½ ans et 4 ans.

Mis à part le manque de validité de la LMÉ, les résultats de quelques études ont également soulevé des problèmes de fidélité à l'égard de cet outil. Par exemple, Bornstein, Hahn et Haynes (2004) ont effectué quatre études longitudinales dans lesquelles ils ont évalué divers aspects du langage chez des enfants anglophones âgés entre 1 et 7 ans. Une des conclusions principales des auteurs était que « les enfants montraient une stabilité modérée à élevée des différences individuelles à travers les âges, les mesures, les instruments et les études » (p. 294). Pour illustrer, les corrélations entre divers aspects du langage mesurés à 1 ½ an (Early Language Inventory [Bates, Bretherton, & Snyder, 1988, cités par Bornstein, Hahn, & Haynes, 2004], Vineland Adaptive Behavior Scales [VABS ; Sparrow, Balla, & Cicchetti, 1984, cités par Bornstein, Hahn, & Haynes, 2004], Reynell Developmental Language Scales [Reynell & Gruber, 1990, cités par Bornstein, Hahn, & Haynes, 2004]) et à 4 ans (VABS, sous-test Verbal IQ du Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence [WPPSI ; Wechsler, 1989, cité par Bornstein, Hahn, & Haynes, 2004]) se situaient entre .39 et .53. Or, la corrélation entre la LMÉ calculée à 1 ½ an et celle calculée à 4 ans était de seulement .16. De plus, la LMÉ calculée à 1 ½ an n'était corrélée de façon significative à aucune autre mesure du langage à 4 ans.

La LMÉ éprouverait même un problème de stabilité d'un jour à l'autre. En effet, Chabon, Kent-Udolf et Egolf (1982) ont examiné la stabilité de la LMÉ dans le temps auprès de 30 enfants anglophones âgés entre 3 ½

ans et 9 ½ ans et ayant des LMÉ se situant entre 4.43 et 10.83. Lors de trois journées consécutives, les chercheurs ont enregistré le langage spontané des enfants alors que ces derniers racontaient une histoire à partir d'images. Chabon et son équipe ont observé que les LMÉs recueillies lors des trois sessions étaient peu corrélées entre elles ($r = .25$). Les chercheurs précisent que seulement six enfants sont demeurés dans un même tiers de l'échantillon au cours des trois jours. Ainsi, des 10 enfants qui, le premier jour, avaient été classés dans le tiers supérieur, c'est-à-dire qui produisaient les énoncés les plus longs, seulement deux ont été classés dans ce même tiers lors du deuxième et du troisième jour. De même, aucun enfant n'est demeuré dans le tiers moyen et seulement quatre enfants sont demeurés dans le tiers inférieur au cours des trois jours. Il semble donc que le rang attribué à un enfant en fonction de sa LMÉ ne soit pas fiable, même dans un groupe d'enfants présentant une grande variabilité quant à l'âge et à la LMÉ.

D'autres chercheurs se sont attardés à la stabilité de la LMÉ en fonction du contexte. Bien qu'aucun d'entre eux n'ait examiné la stabilité inter-contextuelle de la LMÉ à la façon de Chabon et al. (1982), certains ont noté que différents contextes permettaient aux enfants de produire des énoncés de longueur moyenne différente. Par exemple, Stalnaker et Creaghead (1982) ont calculé la LMÉ d'enfants anglophones de 4 ans à 5 ½ ans dans trois contextes différents. Dans le contexte de narration, l'enfant devait écouter un expérimentateur lui raconter une histoire à l'aide de jouets, puis il devait reproduire cette histoire par lui-même. Dans le contexte de jeu, l'enfant devait simplement s'amuser avec des jouets et parler de ce qu'il faisait. Dans le contexte de conversation, l'enfant devait aussi s'amuser avec des jouets mais il devait également répondre à des questions posées par l'expérimentateur. Les analyses des auteurs ont révélé que la LMÉ moyenne différait de façon significative d'un contexte à l'autre : elle était la plus élevée dans le contexte de narration et la moins élevée dans le contexte de conversation.

Kramer, James et Saxman (1979) ont aussi examiné la LMÉ dans des contextes différents, mais ils ont comparé le langage des enfants en interaction avec différentes personnes plutôt que dans des tâches différentes. En fait, ils ont analysé le langage spontané de 10 enfants anglophones de 3 à 5 ans présentant un SLI en situation d'interaction avec un expérimentateur et avec leur mère. Encore une fois, les auteurs ont montré qu'il y avait une différence significative selon le contexte, l'interaction avec la mère menant à la production d'énoncés en moyenne plus longs.

Bref, ces études démontrent que des contextes différents engendrent des LMÉ différentes et donc qu'il est impossible de conclure à des niveaux de complexité morphosyntaxique différents en se basant sur la comparaison de LMÉ provenant de deux contextes distincts. Toutefois, puisqu'aucune analyse corrélacionnelle n'a été effectuée, il ne peut pas être conclu que la LMÉ est instable, c'est-à-dire que le rang d'un même enfant varie d'un contexte à l'autre. Les résultats de Kramer et al. (1979) proposent tout de même une piste de

réponse. En effet, dans leur article, les auteurs ont publié les résultats individuels de leurs sujets, ce qui a permis de calculer une corrélation entre la LMÉ recueillie lors de l'interaction avec l'expérimentateur et la LMÉ recueillie lors de l'interaction avec la mère. Cette corrélation est de seulement -.08. Bien que l'étude ne comporte que 10 sujets, une telle corrélation indique que la LMÉ présente probablement des problèmes de stabilité inter-contextuelle.

En plus d'être instable d'un temps de mesure à l'autre et d'un contexte à l'autre, la LMÉ varie aussi en fonction de la personne qui la calcule, les définitions d'un morphème et d'un énoncé changeant considérablement selon les auteurs. Par exemple, en français, contrairement à ce qui a été présenté précédemment (Rondal, 1997), certains auteurs considèrent des accords et des conjugaisons neutres comme le singulier, le masculin et l'infinitif comme des morphèmes (Parsisse & Le Normand, 2006). De même, certains auteurs définissent tout accord du féminin ou du pluriel, qu'il soit audible ou non, comme un morphème (Thordardottir, 2005). Certains auteurs utilisent même le nombre de mots au lieu du nombre de morphèmes pour calculer la LMÉ. Toutefois, la divergence dans la définition du morphème ne semble pas affecter la LMÉ, puisque des corrélations frôlant la perfection ont été observées entre le calcul de la LMÉ en morphèmes et en mots, tant chez les enfants anglophones ($r = .998$, Parker & Brorson, 2005) que chez les francophones ($r = .99$, Parsisse & Le Normand, 2006). Ce serait plutôt la divergence dans la définition de l'énoncé qui causerait problème.

Bien qu'il soit fréquemment question d'intonation, de pauses, de phrases et de tours de parole dans les définitions de l'énoncé, ces éléments ne sont pas toujours tous présents dans une même définition et ils sont rarement clairement définis. Par exemple, dans l'étude de Klee et Fitzgerald (1985), « les décisions concernant les frontières des énoncés étaient basées sur les unités syntaxiques importantes des phrases, l'intonation, les pauses et les tours de parole » (p. 255). Pour Rondal et al. (1987), « un énoncé était défini comme une unité de langage marquée de chaque côté par une pause ou un changement d'inflexion » (p. 436). En ce qui concerne Blake et al. (1993), « pour segmenter les énoncés, les indices utilisés étaient de longues pauses, l'intonation, les interventions de l'expérimentateur et la présence ou l'absence de conjonctions » (p. 142). Finalement, Scarborough (1990) et Scarborough et al. (1986, 1991) ne donnent aucune précision quant à la façon de segmenter le discours des enfants en énoncés. La clarification de ce qu'est un énoncé est toutefois essentielle, car des règles différentes engendrent des énoncés de longueur différente, et donc, par définition, des LMÉ qui ne concordent pas pour un même extrait de langage spontané.

En somme, malgré sa grande popularité, la LMÉ présente plusieurs problèmes de validité et de fidélité. Notamment, pour des énoncés contenant plus de trois morphèmes, la LMÉ n'est que faiblement corrélée avec l'âge, même si la morphosyntaxe continue de se complexifier dans la suite du développement. De plus, la LMÉ attribuée à un enfant est très dépendante du moment où elle est mesurée, de même que du contexte et

de la personne l'ayant calculée. Pour toutes ces raisons, des chercheurs ont tenté de trouver des alternatives à la LMÉ dans le but d'évaluer plus adéquatement la complexité morphosyntaxique des enfants produisant des phrases de plus de deux ou trois mots.

1.4.4.3. Les alternatives à la LMÉ

En 1990, Scarborough a créé l'IPS, dont il a brièvement été question précédemment. Cet outil consiste en l'évaluation de 56 éléments morphosyntaxiques de la langue anglaise regroupés en quatre catégories. La première catégorie, les syntagmes nominaux, comprend des éléments tels que les noms, les adjectifs, les articles, et le pluriel (*-s*). La deuxième catégorie, les syntagmes verbaux, comprend des éléments tels que les verbes, les auxiliaires, les adverbes, et le passé (*-ed*). La troisième catégorie, les questions/négations, comprend des éléments tels que les questions marquées par l'intonation, la négation simple, les adverbes interrogatifs suivis d'un verbe, et la négation de l'auxiliaire. La quatrième catégorie, les structures de phrase, comprend des éléments tels que la combinaison de deux mots, la séquence sujet-verbe-objet, les conjonctions, et le gérondif (*-ing*). Un point est attribué à chaque élément morphosyntaxique présent une fois dans l'extrait de langage évalué, et deux points sont attribués à chaque élément morphosyntaxique présent au moins deux fois distinctes, c'est-à-dire pouvant être illustré par deux exemples différents. Par exemple, un enfant qui produirait les mots *ballon* et *auto* lors d'une même session se verrait attribuer deux points pour l'élément morphosyntaxique Nom, puisqu'il aurait produit deux noms différents. Ainsi, l'IPS peut produire des scores qui se situent entre 0 et 112.

Pour tester la validité de l'IPS, Scarborough (1990) a examiné la complexité morphosyntaxique d'enfants de 2 ans pendant une période de deux ans à l'aide de l'IPS et de la LMÉ. Il a observé des différences significatives entre les scores à l'IPS lorsque les enfants sont passés de 2 ans à 2 ½ ans, de 2 ½ ans à 3 ans, de 3 ans à 3 ½ ans, et de 3 ½ ans à 4 ans. Par contre, pour la LMÉ, il a observé des différences significatives seulement entre 2 ans et 2 ½ ans et entre 2 ½ ans et 3 ans. Selon ces résultats, l'IPS serait donc un outil plus valide que la LMÉ pour mesurer les habiletés morphosyntaxiques des enfants âgés de 3 à 4 ans, au moins.

Un autre outil évaluant la complexité morphosyntaxique a été développé parallèlement à la LMÉ : le Developmental Sentence Scoring (DSS ; Lee, 1974). Cet outil est basé sur la séquence d'acquisition des habiletés morphosyntaxiques en anglais, c'est-à-dire qu'il alloue plus de points à des éléments acquis plus tard dans le développement normal. Lee (1974) a divisé les éléments morphosyntaxiques évalués en huit catégories : pronoms indéfinis et modificateurs de noms, pronoms personnels, verbes principaux, verbes secondaires, négations, conjonctions, inversions interrogatives et questions adverbiales. À l'intérieur de chaque catégorie, les éléments sont classés par ordre d'acquisition et valent entre 1 et 8 points. Par exemple, dans la catégorie Conjonctions, *et* vaut 3 points, alors que *parce que*, qui commence à être produit plus tard,

en vaut 6. Pour évaluer les habiletés morphosyntaxiques à l'aide du DSS, il suffit d'attribuer le nombre de points correspondant chaque fois qu'un élément est produit. Puis, comme pour la LMÉ, le score total doit être divisé par le nombre d'énoncés. Un point supplémentaire est également accordé à tous les énoncés qui sont corrects sur le plan morphosyntaxique, ce qui permet de les évaluer au-delà des huit catégories déterminées par Lee.

Pour tester la validité du DSS, Lee (1974) a évalué la complexité morphosyntaxique d'enfants âgés entre 2 et 6 ans à l'aide de cet outil. Bien qu'elle n'ait pas effectué d'analyses statistiques pour vérifier la corrélation entre l'âge et les scores au DSS, elle rapporte que le 50^e percentile correspond à des scores de 3.10, de 4.36, de 6.64, de 8.04, de 9.19 et de 10.94 pour des enfants de 2 ¼ ans, de 2 ¾ ans, de 3 ½ ans, de 4 ½ ans, de 5 ½ ans et de 6 ½ ans respectivement. Puisque la vitesse à laquelle les scores augmentent ne semble pas s'atténuer avec l'âge, le DSS pourrait être valide pour évaluer des enfants ayant jusqu'à 6 ans, au moins. Par ailleurs, les résultats de Kramer et al. (1979), qui ont été présentés précédemment pour évaluer la stabilité de la LMÉ entre un contexte d'interaction avec la mère et un contexte d'interaction avec un expérimentateur, permettent de calculer une corrélation de .45 pour le DSS entre ces deux contextes. Cette corrélation, bien que non significative pour 10 sujets, laisse croire que le DSS serait plus stable d'un contexte à l'autre que la LMÉ ($r = -.08$).

Les variations dans les résultats à l'IPS et au DSS en fonction de l'âge ont été comparées par Kemper, Rice et Chen (1995), qui ont mesuré les habiletés morphosyntaxiques d'enfants anglophones de 5 à 10 ans en contexte de narration à l'aide des deux outils. Premièrement, les auteurs ont observé que pour cette tranche d'âge, les scores au DSS étaient corrélés avec l'âge, alors que ce n'était pas le cas pour les scores à l'IPS. Deuxièmement, les scores au DSS ont augmenté de façon significative entre les âges de 6 et de 7 ans, alors qu'aucune différence n'a été notée entre des âges consécutifs pour l'IPS. Troisièmement, les auteurs ont tenté de décrire les variations développementales dans les scores à l'IPS et au DSS à l'aide de courbes de croissance logistiques, selon lesquelles une habileté augmente lentement au début de la vie, puis rapidement, pour finalement atteindre un plateau. C'est ce qui est attendu des habiletés morphosyntaxiques. Il a été observé que les résultats au DSS, mais pas ceux à l'IPS, suivaient une courbe logistique.

Bref, selon Kemper et ses collègues (1995), le DSS permet d'observer des variations importantes dans les habiletés morphosyntaxiques des enfants de 5 à 7 ans et une stabilisation de ces habiletés jusqu'à 10 ans, au moins. L'IPS, toutefois, ne permet d'observer aucune variation significative dans les habiletés morphosyntaxiques des enfants de 5 à 10 ans. Cela suggère que le DSS serait plus sensible que l'IPS aux changements qui se produisent dans le développement de la complexité morphosyntaxique chez les enfants d'âge scolaire.

Il existe une autre méthode reconnue permettant de mesurer les habiletés morphosyntaxiques des enfants et des adolescents : la densité des énoncés (Scott & Stokes, 1995). Cette méthode consiste à calculer la proportion de propositions dépendantes en divisant le nombre total de propositions indépendantes et dépendantes par le nombre de propositions indépendantes. Une proposition dépendante est une proposition qui est enchâssée dans une proposition indépendante. Ainsi, les subordonnées relatives (p. ex., *Vois-tu la fille qui est dehors ?*), complétives (p. ex., *Je crois qu'elle est heureuse*) et circonstancielles (p. ex., *Elle a apporté son parapluie parce qu'il pleut*) sont des propositions dépendantes. Au contraire, les propositions non enchâssées (p. ex., *Le ciel est nuageux*) et les propositions coordonnées (p. ex., *Elle danse et il rit*) sont des propositions indépendantes. À titre d'exemple, l'énoncé *Je crois qu'ils aiment la pluie* se verrait accorder un score de 2 parce qu'il contient une proposition indépendante (*je crois*) et une proposition dépendante (*qu'ils aiment la pluie*) : (1 proposition indépendante + 1 proposition dépendante) / 1 proposition indépendante = 2.

Toutefois, la littérature scientifique ne comprend pratiquement aucune donnée sur la validité et sur la fidélité de la densité des énoncés. La seule information pertinente trouvée suggère que cette mesure de complexité morphosyntaxique serait sensible aux différences individuelles des enfants d'âge scolaire. En effet, les résultats combinés de deux études indiquent qu'il y aurait « une augmentation passant de 1.22 pour le langage oral des élèves de troisième année (Loban, 1976) à 1.68 (Hunt, 1965) pour le langage écrit des élèves de douzième année » (cités par Scott & Stokes, 1995, p. 310). Par contre, ces seules données descriptives ne suffisent pas à conclure que la densité des énoncés est un outil adéquat pour mesurer les habiletés morphosyntaxiques.

1.5. L'étiologie de la morphosyntaxe

Au-delà des outils permettant de mesurer la morphosyntaxe, plusieurs chercheurs se sont penchés sur les origines de cette composante du langage. En effet, ils se sont questionnés sur le rôle de différents facteurs, tels les gènes et l'environnement, dans le développement des habiletés morphosyntaxiques pour tenter d'expliquer pourquoi différents enfants d'un même âge présentent des niveaux différents de langage, certains produisant des phrases très complexes et d'autres combinant à peine quelques mots. Ainsi, plusieurs théories ont été proposées, chacune accordant un rôle plus ou moins important à l'inné et à l'acquis.

1.5.1. Les théories

1.5.1.1. L'empirisme

À la fin des années 1600, Locke (1690/2004) a publié son célèbre ouvrage *An Essay Concerning Human Understanding*, dans lequel il a complètement rejeté l'idée de l'innéisme en ce qui a trait à la pensée humaine :

Il y a des gens qui supposent comme une vérité incontestable, qu'il y a certains principes innés, certaines notions primitives, autrement appelées *notions communes*, empreintes et gravées, pour ainsi dire, dans notre âme, qui les reçoit dès le premier moment de son existence, et les apporte au monde avec elle. Si j'avais à faire à des lecteurs dégagés de tout préjugé, je n'aurais, pour les convaincre de la fausseté de cette supposition, qu'à leur montrer (comme j'espère de le faire dans les autres parties de cet ouvrage), que les hommes peuvent acquérir toutes les connaissances qu'ils ont, par le simple usage de leurs facultés naturelles, sans le secours d'aucune impression innée, et qu'ils peuvent arriver à une entière certitude des choses, sans avoir besoin d'aucune de ces notions naturelles, ou de ces principes innés. (p. 101)

Locke (1690/2004) croit donc que toute connaissance, incluant le langage, est acquise :

Supposons donc qu'au commencement l'âme est ce qu'on appelle *une table rase*, vide de tous caractères, sans aucune idée, quelle qu'elle soit. Comment vient-elle à recevoir des idées ? . . . À cela je réponds en un mot, de l'*expérience* : c'est là le fondement de toutes nos connaissances, et c'est de là qu'elles tirent leur première origine. Les observations que nous faisons sur les objets extérieurs et sensibles, ou sur les opérations intérieures de notre âme, que nous apercevons et sur lesquelles nous réfléchissons nous-mêmes, fournissent à notre esprit les matériaux de toutes ses pensées. Ce sont là les deux sources d'où découlent toutes les idées que nous avons, ou que nous pouvons avoir naturellement. (pp. 173–174)

Près de trois siècles plus tard, Skinner (1957), dans *Verbal Behavior*, abonde dans le même sens en précisant les processus environnementaux par lesquels les enfants apprendraient le langage. Selon le chercheur, pour tout type de comportement, un stimulus générerait une réponse, qui pourrait ou non être renforcée. Plus la réponse serait renforcée, plus elle serait reproduite dans le futur. En ce qui concerne le langage, le stimulus pourrait être un parent qui pointe un chien en disant le mot *chien* et en demandant à son enfant de répéter. Dans ce cas, la réponse de l'enfant serait probablement la prononciation du mot *chien* ou son approximation, et le parent pourrait renforcer l'enfant en répétant « Oui, c'est un chien ! ». L'enfant serait donc porté à redire le mot *chien* lors de sa prochaine rencontre avec l'animal. Un autre exemple pourrait être l'envie d'un enfant de boire du lait (stimulus), suivie de la verbalisation de la phrase *Veux du lait* par l'enfant (réponse), suivie de l'apport d'un verre de lait à l'enfant par le parent (renforcement). Encore une fois, cette séquence d'événements encouragerait l'enfant à réutiliser la phrase *Veux du lait* dans le futur. Skinner précise par ailleurs que la réponse formulée par l'enfant n'aurait pas à être parfaite pour être renforcée. En effet, au début de l'acquisition du langage, le parent renforcerait toute tentative de communication de l'enfant. Puis, plus l'enfant ferait des progrès, plus sa réponse se devrait d'être exacte pour être récompensée.

Bref, les théories empiristes comme celles de Locke et de Skinner mettent l'emphasis sur les facteurs environnementaux pour expliquer le développement du langage. Selon ces théories, le fait qu'un enfant produise de longues phrases complexes s'expliquerait par l'exposition de cet enfant à un environnement riche et à beaucoup de renforcement sur le plan linguistique. Au contraire, le fait qu'un enfant peine à construire des

phrases s'expliqueraient par un environnement pauvre dans lequel il y aurait trop peu de renforcement. Par contre, ces théories ont rapidement été mises de côté par la communauté scientifique, car bien qu'elles permettent d'expliquer une partie des différences individuelles dans les habiletés langagières des enfants, elles demeurent largement incomplètes. En réponse à ces lacunes, des nativistes tels que Chomsky et Pinker ont élaboré des théories du langage axées principalement sur les facteurs génétiques.

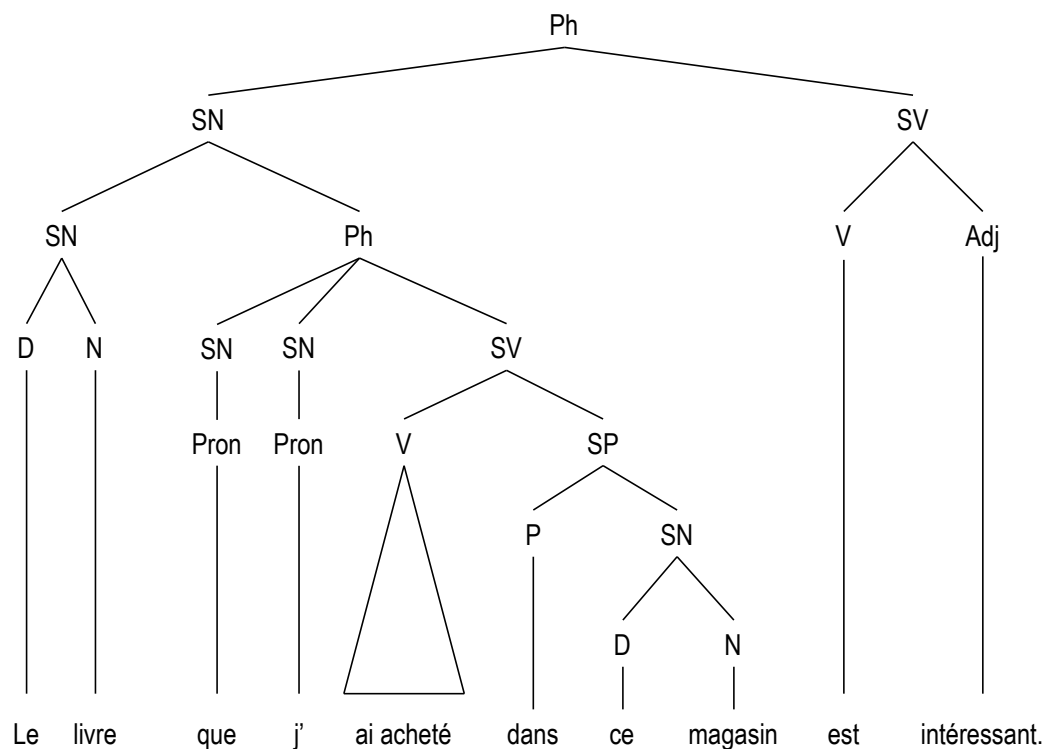
1.5.1.2. Le nativisme

Selon Chomsky (1965), toutes les langues auraient une base commune – la grammaire universelle – que tous les humains possèderaient mentalement dès leur naissance, un peu comme le sens de la vue, par exemple. Cette grammaire universelle aurait une structure hiérarchique plutôt que linéaire, c'est-à-dire que certains mots seraient liés entre eux de façon à former des groupes. Par exemple, dans la phrase suivante, il est évident que ce qui est intéressant est le livre et non le magasin, bien que le mot *magasin* soit bien plus près du mot *intéressant* que le mot *livre* :

(4) Le livre que j'ai acheté dans ce magasin est intéressant.

En représentant la phrase avec un arbre syntaxique, comme le propose Chomsky, la relation entre ses éléments devient plus claire :

(5)



En effet, il devient possible de constater visuellement que la phrase (Ph) se divise en deux parties : un syntagme nominal (SN) et un syntagme verbal (SV). À l'intérieur du syntagme nominal, la proposition relative (Ph) *que j'ai acheté dans ce magasin* est liée au syntagme nominal inférieur (SN) *le livre*. C'est pour cette raison que le syntagme verbal *est intéressant* ne peut s'appliquer au mot *magasin* ; les deux groupes de mots ne sont pas liés directement.

Selon Chomsky (1995), la grammaire universelle serait composée de plusieurs principes innés. Par exemple, les apprenants de toutes les langues sauraient (inconsciemment) qu'il existe des noms et des verbes qui peuvent être modifiés par d'autres mots. Par contre, chaque langue aurait son propre ensemble de paramètres spécifiques (dont les valeurs possibles seraient programmées dans la grammaire universelle) qui seraient fixés en cours de développement en fonction de la langue d'usage. En effet, en français, les noms et les verbes précèdent les mots qui les modifient, alors qu'en japonais, c'est l'inverse, comme le montre la phrase suivante :

- (6) Watashi-ga katta hon-wa omoshiroi desu.
je-particule acheter-passé livre-particule intéressant être
Le livre que j'ai acheté est intéressant.

Dans cet exemple, en français comme en japonais, le nom *livre* est modifié par la proposition relative *que j'ai acheté*, et le verbe *être* est modifié par l'adjectif *intéressant*. Par contre, le positionnement des modificateurs par rapport au nom et au verbe principaux diffère d'une langue à l'autre.

Bien que sa proposition théorique attribue un rôle à la fois aux facteurs génétiques (principes innés) et aux facteurs environnementaux (paramètres acquis), Chomsky (1965), contrairement aux tenants de l'empirisme, établit clairement que la faculté de générer des phrases grammaticales serait davantage une question de génotype humain, et qu'une exposition minimale au langage serait suffisante à n'importe quel individu normal pour découvrir les paramètres de sa langue. Cependant, il est important de préciser que la théorie du linguiste ne porte pas expressément sur les différences individuelles, mais plutôt sur les processus universels qui touchent tous les individus. En d'autres mots, la grammaire universelle permettrait d'expliquer que les humains mais pas les animaux possèdent la faculté du langage, mais Chomsky n'a jamais tenté de comprendre pourquoi certains humains sont capables de former des phrases plus complexes que d'autres.

Les travaux subséquents de Pinker, qui défend également l'idée d'un module cérébral inné dédié au langage, permettent d'appliquer la théorie de Chomsky aux différences individuelles. En effet, certains arguments du chercheur reposent sur l'observation que les variations morphosyntaxiques sont associées à des variations cérébrales, elles-mêmes associées à des variations génétiques. Par exemple, il suggère que les difficultés

morphosyntaxiques des individus atteints d'un SLI pourraient être causées par des anomalies dans certaines régions cérébrales et/ou dans certains circuits neuronaux, et que ces anomalies pourraient être dues à certains gènes spécifiques au SLI (van der Lely & Pinker, 2014). D'un point de vue nativiste, ces gènes abriteraient la grammaire universelle à la base des habiletés morphosyntaxiques (Pinker, 1994), et leurs variations pourraient potentiellement expliquer les variations individuelles dans l'ensemble de la population.

Bref, à l'opposé des théories empiristes, les théories nativistes expliquent le développement des habiletés morphosyntaxiques presque exclusivement par des facteurs génétiques. En réaction à cette minimalisation du rôle de l'environnement dans le développement du langage, d'autres chercheurs ont proposé la théorie de l'interactionnisme social, qui, tout en tenant compte des facteurs génétiques propres à l'enfant, porte principalement sur l'importance des interactions sociales avec l'adulte.

1.5.1.3. L'interactionnisme social

La théorie de l'interactionnisme social émerge entre autres des idées de Vygotsky (1978). Selon cet auteur, les fonctions cognitives supérieures comme le langage prendraient origine dans les interactions sociales que l'enfant a avec son parent. Pour expliquer sa vision, Vygotsky donne l'exemple du pointage (p. 56). Le stade initial du pointage serait quand l'enfant étire son bras pour tenter d'atteindre un objet hors de sa portée. Le parent, témoin de l'intention de l'enfant, donnerait l'objet à l'enfant. Éventuellement, l'enfant parviendrait à comprendre que de tendre son bras vers un objet pourrait servir à communiquer son désir d'obtenir l'objet. À partir de ce moment, l'enfant tendrait son bras vers l'objet non plus dans le but de l'atteindre, mais dans le but de le demander au parent. Or, sans l'action initiale du parent, l'apprentissage de la communication par l'enfant aurait été impossible. C'est pour cette raison que Vygotsky place les interactions sociales au centre de sa théorie de l'apprentissage.

Snow (1999), comme Vygotsky, accorde beaucoup d'importance aux interactions sociales. En fait, selon elle, même les facultés innées à la base du langage seraient en lien avec celles-ci. Ainsi, les humains naîtraient avec une certaine prédisposition à socialiser avec leurs semblables, qui serait observable, par exemple, dans l'attirance des nouveau-nés pour les visages et pour les voix humaines. Cette prédisposition innée serait, d'après l'auteure, essentielle à l'apprentissage d'une langue. Snow argumente également que l'environnement aurait une influence directe sur les habiletés langagières. Par exemple, les enfants provenant de milieux plus favorisés ont en général de meilleures habiletés lexicales et morphosyntaxiques que les enfants provenant de milieux moins favorisés. Cette différence s'expliquerait par le fait que les familles plus éduquées parlent habituellement plus à leurs enfants, et ce, en utilisant des mots plus sophistiqués, ce qui favoriserait le développement du langage.

Bref, un peu comme les théories empiristes, les théories interactionnistes proposent que le langage se développe principalement grâce à l'environnement, et plus précisément, grâce aux relations que les enfants entretiennent avec les adultes. Par contre, au contraire des empiristes, les interactionnistes reconnaissent la nécessité de certaines capacités innées dans l'apprentissage du langage. En fait, les débats actuels dans le domaine de l'acquisition du langage opposent typiquement les nativistes aux interactionnistes, plutôt qu'aux empiristes. Par contre, une autre théorie a également gagné en popularité au cours des dernières années : l'émergentisme. Selon cette théorie, les gènes et l'environnement, à part égale, interagiraient ensemble lors du développement du langage.

1.5.1.4. L'émergentisme

L'émergentisme est né du désir d'unir plusieurs domaines de recherche, notamment la linguistique, la sociolinguistique et la psychologie cognitive, dans le but de créer une théorie complète du développement du langage. La vision des émergentistes peut se résumer ainsi :

Les émergentistes croient que de simples mécanismes d'apprentissage, opérant à l'intérieur des systèmes humains de la perception, de l'action motrice et de la cognition, ainsi qu'entre ceux-ci, lorsque exposés à des données langagières dans le cadre d'un environnement social humain riche sur le plan communicatif, par le biais d'un organisme enclin à exploiter la fonctionnalité du langage, suffisent à entraîner l'émergence de représentations langagières complexes. (Ellis, 1998, p. 657)

Ainsi, sans rejeter ni le nativisme ni l'interactionnisme, l'émergentisme se positionne au milieu en postulant un rôle important à la fois de l'inné et de l'acquis.

Les modèles connexionnistes permettent d'illustrer le point de vue émergentiste. Dans ces modèles, plusieurs unités sont reliées par des connexions. Dans le domaine du langage, une unité pourrait représenter un son, un mot, un concept ou une fonction syntaxique, par exemple. La force des connexions, quant à elle, varie selon l'expérience : plus deux unités sont reliées dans l'environnement (p. ex., le mot *pomme* et le concept de pomme sont fréquemment présentés simultanément), plus la connexion qui les relie dans le modèle devient forte. Lorsqu'une unité (p. ex., le mot *pomme*) est activée dans le modèle, ce dernier fournit une réponse en fonction de la force des connexions reliant cette unité aux autres unités du modèle (p. ex., il active le concept de pomme). Dans ce type de modèle, les capacités innées de l'enfant sont représentées, entre autres, par les capacités du modèle de percevoir l'information qu'il reçoit et de la mémoriser. L'environnement est représenté par l'information entrée dans le modèle.

Une étude classique sur la morphologie du passé en anglais (Rumelhart & McClelland, 1987) montre à quel point un modèle connexionniste peut représenter adéquatement le développement normal des enfants. Dans les phases d'apprentissage de cette étude, les chercheurs ont transmis au modèle des paires de mots : la

racine d'un verbe et sa forme correcte au passé. Pour tenir compte du fait que certains mots sont plus fréquents que d'autres dans l'environnement des enfants, les chercheurs ont procédé en deux phases d'apprentissage. Dans la première phase, 10 verbes à fréquence élevée ont été transmis au modèle. Dans la deuxième phase, 410 verbes à fréquence moyenne ont été ajoutés.

À différents moments lors de l'expérience, Rumelhart et McClelland (1987) ont testé le modèle pour déterminer ses apprentissages. À la fin de la première phase d'apprentissage, le modèle pouvait relativement bien conjuguer au passé les 10 mots appris. Par contre, au début de la deuxième phase d'apprentissage, le modèle faisait beaucoup d'erreurs : il ajoutait *-ed* à la fin des verbes irréguliers pour former le passé. Finalement, à la fin de la deuxième phase d'apprentissage, le modèle conjugait relativement bien tous les verbes appris, autant les réguliers que les irréguliers. Ces résultats reproduisent avec précision ce qu'on observe chez les enfants : d'abord, ils parviennent à conjuguer au passé tous les quelques verbes qu'ils connaissent, peu importe qu'ils soient réguliers ou non ; puis, ils comprennent que pour former le passé, on doit ajouter le suffixe *-ed*, mais ils surgénéralisent cette règle aux verbes irréguliers ; et finalement, ils parviennent à conjuguer au passé tous les verbes qu'ils connaissent, en respectant la régularité ou l'irrégularité de ceux-ci.

Rumelhart et McClelland (1987) ont également testé le modèle avec 86 nouveaux verbes à basse fréquence lors d'une troisième phase. Comme en sont capables les humains, le modèle a conjugué correctement la plupart des verbes à partir de ses apprentissages précédents. Le modèle avait clairement appris plus qu'une simple règle pour la formation du passé, car il pouvait conjuguer les verbes irréguliers presque aussi bien que les verbes réguliers.

Bref, l'émergentisme, souvent associé aux modèles connexionnistes, est une théorie selon laquelle autant d'importance doit être accordée aux facteurs génétiques qu'aux facteurs environnementaux. Ainsi, selon cette théorie, le fait qu'un enfant ait des difficultés sur le plan morphosyntaxique pourrait être dû à ses gènes, à son environnement, ou bien aux deux. En fait, c'est l'interaction entre les capacités innées de l'enfant et son milieu de vie qui déterminerait ses habiletés langagières. Par contre, bien que cette théorie soit prometteuse, elle reste encore à être appuyée empiriquement, tout comme les autres théories sur l'étiologie du langage d'ailleurs. Les études de jumeaux peuvent être informatives à ce sujet.

1.5.2. Les études de jumeaux

1.5.2.1. Le principe des études de jumeaux

Pour quantifier de façon empirique la contribution relative des facteurs génétiques et des facteurs environnementaux aux habiletés morphosyntaxiques, plusieurs chercheurs ont mené des études de jumeaux

au cours des dernières années. Dans ces études, des jumeaux monozygotes (MZ), c'est-à-dire des jumeaux identiques qui partagent entre eux 100% de leurs gènes, sont comparés à des jumeaux dizygotes (DZ), c'est-à-dire des jumeaux non identiques qui partagent entre eux 50% de leurs gènes en moyenne, comme n'importe quels frères et sœurs. Tous les jumeaux, qu'ils soient MZ ou DZ, partagent également entre eux une partie de leur environnement, ce qui accentue les similarités entre frères et sœurs, et ils vivent des expériences uniques qui les distinguent. Le premier type d'environnement est appelé environnement partagé, alors que le deuxième est appelé environnement unique.

La logique derrière les études de jumeaux est que la seule différence entre les jumeaux MZ et DZ est la proportion de similarité génétique entre les jumeaux d'une même paire. Ainsi, si les jumeaux MZ sont plus similaires entre eux que les jumeaux DZ quant à leurs habiletés morphosyntaxiques, c'est qu'il y a une contribution des gènes à cette composante du langage. Plus grande est la différence entre les deux types de jumeaux, plus importante est la contribution des gènes. De plus, plus les jumeaux d'une même paire sont similaires entre eux quant à leurs habiletés morphosyntaxiques, peu importe qu'ils soient MZ ou DZ, plus grande est la contribution de l'environnement partagé, ce type de facteur ayant une influence similaire sur les deux types de jumeaux. Finalement, le reste de la variance dans les habiletés morphosyntaxiques peut être attribuée à l'environnement unique et à l'erreur, c'est-à-dire à des facteurs qui accentuent les différences entre les jumeaux d'une même paire, qu'ils soient MZ ou DZ.

Ainsi, dans les études de jumeaux, les différences individuelles dans les habiletés morphosyntaxiques (ou dans n'importe quel autre trait) peuvent être expliquées par trois types de facteurs : les gènes, qu'on représente par la lettre A^2 , l'environnement partagé, qu'on représente par la lettre C, et l'environnement unique et l'erreur, qu'on représente par la lettre E. Ces trois types de facteurs sont cumulatifs, c'est-à-dire que leurs contributions s'additionnent pour donner un total de 100%.

1.5.2.2. Les résultats des études de jumeaux

Depuis le début des années 2000, quelques études de jumeaux ont été menées pour examiner l'étiologie des habiletés morphosyntaxiques des enfants de 2 à 12 ans. D'abord, un groupe de recherche établi au Royaume-Uni (Dale, Dionne, Eley, & Plomin, 2000 ; Dionne, Dale, Boivin, & Plomin, 2003) a mesuré les habiletés productives d'enfants britanniques de 2 et de 3 ans à l'aide d'une adaptation des MCDI (Fenson et al., 2000) dans laquelle les parents devaient indiquer, à l'aide d'un choix de réponse, quels types de phrases leur enfant produisait le plus souvent (p. ex., *Papa parti* vs *Papa est parti*). À 2 ans, les différences individuelles dans les habiletés morphosyntaxiques s'expliquaient principalement par l'environnement partagé. En effet, les auteurs

² Il y a deux types de facteurs génétiques : additifs et dominants. Seuls les facteurs additifs sont considérés dans la présente thèse, étant donné que les facteurs dominants agissent plutôt sur des traits simples, comme la couleur des yeux, ou sur des maladies, comme la maladie de Huntington.

ont observé qu'entre 39% et 42% de la variance dans cette composante du langage était attribuable aux gènes, qu'entre 46% et 48% était attribuable à l'environnement partagé, et qu'entre 12% et 13% était attribuable à l'environnement unique et à l'erreur. À 3 ans, le patron était très similaire : entre 29% et 34% de la variance était attribuable aux gènes, entre 47% et 56% était attribuable à l'environnement partagé, et entre 15% et 19% était attribuable à l'environnement unique et à l'erreur.

Le même groupe de chercheurs (Kovas et al., 2005) a poursuivi ses recherches lorsque les enfants avaient entre 4 et 5 ans. À cet âge, les chercheurs ont pu évaluer les habiletés morphosyntaxiques des enfants directement plutôt que par l'entremise de leurs parents. Ils ont examiné les habiletés productives des enfants à l'aide du Renfrew Action Picture Test (Renfrew, 1997, cité par Kovas et al., 2005), dans lequel les enfants devaient décrire des images de plus en plus complexes. Les phrases que les enfants ont produites ont ensuite été analysées sur le plan morphosyntaxique (p. ex., des points ont été accordés pour l'utilisation du morphème *-ed* pour former le passé). Les chercheurs ont également examiné les habiletés réceptives des enfants à l'aide d'une partie du sous-test Verbal Comprehension des British Ability Scales (Elliot, Smith, & McCulloch, 1996, cités par Kovas et al., 2005). Dans ce sous-test, les enfants devaient positionner des jouets selon des instructions précises (p. ex., « Place la maison de chaque côté de l'auto. »), et des points ont été attribués en fonction de l'exactitude de l'exécution.

Kovas et al. (2005) ont observé que chez les enfants de 4 à 5 ans, la contribution de l'environnement partagé diminuait au profit de l'environnement unique : 29% de la variance dans les habiletés productives était attribuable aux gènes, 26% à l'environnement partagé, et 45% à l'environnement unique et à l'erreur, et 30% de la variance dans les habiletés réceptives était attribuable aux gènes, 21% à l'environnement partagé, et 50% à l'environnement unique et à l'erreur. Ce changement dans l'étiologie de la morphosyntaxe en comparaison avec les études précédentes pourrait s'expliquer aussi bien par l'âge des enfants (2-3 ans vs 4-5 ans) que par les mesures utilisées (des questionnaires parentaux, qui sont plus sujets à des erreurs de mesure corrélées puisque c'est la même personne qui évalue les deux jumeaux, vs des mesures directes, qui sont plus sujettes à des erreurs de mesure individuelles puisque ce sont des personnes différentes qui évaluent les deux jumeaux).

En fait, un autre groupe de recherche (Samuelsson et al., 2005) a obtenu des résultats différents de ceux de Kovas et al. (2005) avec des enfants du même âge. Les chercheurs ont évalué les habiletés productives d'enfants américains, australiens et scandinaves à l'aide de deux tests de production dirigée : le sous-test Grammatic Closure du Illinois Test of Psycholinguistic Abilities (McCarthy & Kirk, 1961, cités par Samuelsson et al., 2005), et une adaptation du Wug Test (Berko, 1958). Dans les deux tests, les enfants devaient compléter des phrases en modifiant la morphologie de mots et de non-mots (p. ex., en ajoutant le son /s/ à un

mot au pluriel). Les chercheurs ont créé un facteur latent pour représenter les habiletés morphologiques et ont observé que 29% de la variance dans le score factoriel était attribuable aux gènes, 59% à l'environnement partagé, et 12% à l'environnement unique et à l'erreur, ce qui correspond de près aux résultats obtenus à 2 et à 3 ans (Dale et al., 2000 ; Dionne et al., 2003).

L'écart entre les résultats de Kovas et al. (2005) et ceux de Samuelsson et al. (2005) pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs. Premièrement, alors que la première étude a mesuré les habiletés à la fois morphologiques et syntaxiques, la deuxième étude n'a mesuré que les habiletés morphologiques. Deuxièmement, alors que les enfants de la première étude étaient tous anglophones, la deuxième étude incluait également des enfants parlant le norvégien et le suédois. Finalement, alors que la première étude a analysé ses deux variables de façon distincte, la deuxième étude les a fusionnées en un facteur latent. Cette différence dans le choix analytique est notable, puisque les facteurs latents ne tiennent compte que de ce qui est commun à plusieurs variables. Ainsi, l'erreur spécifique à chacune des variables mesurées est exclue, ce qui libère une partie de la variance, qui peut alors être expliquée par des facteurs génétiques et environnementaux plutôt que par de l'erreur.

Quelques études de jumeaux ont également été réalisées auprès d'enfants d'âge scolaire. En effet, DeThorne, Harlaar, Petrill et Deater-Deckard (2012) ont mesuré les habiletés morphosyntaxiques d'enfants américains de 7 et de 8 ans en analysant leur langage spontané. Les enfants ont eu à échanger verbalement avec un expérimentateur lors d'une période de jeu, puis leur langage a été analysé à l'aide de deux méthodes : la LME et le nombre de conjonctions produites (p. ex., *et*, *parce que*) à l'intérieur de 100 énoncés. Les chercheurs ont observé qu'à 7 ans, entre 50% et 53% de la variance dans les habiletés morphosyntaxiques était attribuable aux gènes, entre 0% et 11% était attribuable à l'environnement partagé, et entre 39% et 47% était attribuable à l'environnement unique et à l'erreur. À 8 ans, la contribution des gènes diminuait au profit de l'environnement unique : entre 8% et 28% de la variance était attribuable aux gènes, entre 9% et 30% était attribuable à l'environnement partagé, et entre 63% et 64% était attribuable à l'environnement unique et à l'erreur.

Le groupe de chercheurs du Royaume-Uni ayant examiné les habiletés morphosyntaxiques d'enfants de 2 à 5 ans a également poursuivi ses recherches lorsque les enfants ont eu 12 ans (Dale, Harlaar, Hayiou-Thomas, & Plomin, 2010). Les chercheurs ont mesuré les habiletés réceptives des enfants à l'aide du sous-test Listening Grammar du Test of Adolescent and Adult Language (Hammill, Brown, Larsoen, & Wiederholt, 1994, cités par Dale et al., 2010). Dans ce sous-test, les enfants entendaient trois phrases différentes et devaient choisir les deux qui avaient un sens similaire. Les chercheurs ont observé que 30% de la variance dans les habiletés morphosyntaxiques était attribuable aux gènes, 15% à l'environnement partagé, et 54% à

l'environnement unique et à l'erreur, un patron qui ressemble à celui obtenu par DeThorne et al. (2012) à 8 ans.

Bref, les résultats des études de jumeaux conduites dans les dernières années indiquent un changement développemental dans l'étiologie des habiletés morphosyntaxiques : alors que les gènes expliquent environ le tiers de la variance dans cette composante du langage tout au long du développement, la contribution de l'environnement partagé semble diminuer au profit de l'environnement unique. Cette conclusion est cohérente avec les changements qui surviennent dans le quotidien des enfants. En effet, les jumeaux passent en général beaucoup de temps ensemble lors de leurs premières années de vie (p. ex., à la maison ou à la garderie), et sont donc plus susceptibles de vivre des expériences affectant de façon similaire le développement de leur langage. Plus tard, ils sont plus souvent séparés (p. ex., dans des classes différentes à l'école, avec des amis différents), et sont donc plus susceptibles de vivre des expériences affectant différemment le développement de leur langage.

1.6. L'association entre la morphosyntaxe et les autres composantes du langage

Jusqu'à présent, les théories et les études empiriques présentées ont porté sur la morphologie et sur la syntaxe. Par contre, le langage comprend d'autres composantes essentielles. Celles les plus souvent étudiées sont probablement la phonologie, qui réfère aux sons d'une langue et à leur prononciation, et le vocabulaire, qui réfère aux mots d'une langue et à leur signification. Bien que la recherche sur chacune des composantes soit très avancée, la relation entre celles-ci n'est toujours pas claire. En effet, différents chercheurs suggèrent une association plus ou moins étroite entre les principales composantes du langage, notamment entre le vocabulaire et la morphosyntaxe.

1.6.1. L'hypothèse des composantes distinctes

Selon Chomsky (1965) et Pinker (1994), la grammaire universelle, qui représente les connaissances innées grâce auxquelles les humains peuvent apprendre si facilement à construire des phrases complexes, est un module cérébral dédié spécifiquement à la morphosyntaxe, et donc distinct des autres composantes du langage. Ullman (2004), qui partage en partie cette opinion, a élaboré le modèle déclaratif/procédural, d'après lequel le vocabulaire et la morphosyntaxe seraient deux composantes distinctes, influencées par des processus distincts. Plus précisément, l'auteur défend l'idée que l'acquisition et le traitement du vocabulaire seraient déterminés principalement par la mémoire déclarative, qui est responsable de la mémorisation explicite des faits et des événements. Au contraire, l'acquisition et le traitement de la morphosyntaxe seraient déterminés principalement par la mémoire procédurale, qui est responsable de la mémorisation implicite des séquences et des procédures.

Ullman (2004) s'appuie sur différents types de preuves empiriques pour défendre son modèle. Premièrement, au niveau neuro-anatomique, il souligne le fait que certaines régions du cerveau associées avec la mémoire déclarative (p. ex., la région de l'hippocampe ; Eichenbaum, 2000) sont également impliquées dans le traitement des mots, et donc dans le vocabulaire (Newman, Pancheva, Ozawa, Neville, & Ullman, 2001). De même, certaines régions associées avec la mémoire procédurale (p. ex., l'aire de Broca ; Gelfand & Bookheimer, 2003) seraient également impliquées dans le traitement des phrases, et donc dans la morphosyntaxe (Stromswold, Caplan, Alpert, & Rauch, 1996). Du côté comportemental, Lum, Conti-Ramsden, Page et Ullman (2012) ont montré que les habiletés lexicales d'enfants à développement typique étaient corrélées de façon significative avec leur mémoire déclarative mais pas avec leur mémoire procédurale, alors que les habiletés morphosyntaxiques de ces mêmes enfants étaient corrélées de façon significative avec leur mémoire procédurale mais pas avec leur mémoire déclarative. Finalement, plusieurs chercheurs ont observé que le vocabulaire et la mémoire déclarative étaient souvent affectés conjointement, par exemple, chez les personnes atteintes d'Alzheimer (Henderson, 1996; Nestor, Fryer, & Hodges, 2006). Parallèlement, la maladie de Huntington illustre des déficits concurrents sur les plans de la morphosyntaxe et de la mémoire procédurale (Knopman & Nissen, 1991; Murray & Lenz, 2001).

1.6.2. L'hypothèse des composantes influencées par un même mécanisme

Au contraire de Chomsky, de Pinker et d'Ullman, d'autres chercheurs ont émis l'hypothèse d'un mécanisme commun qui influencerait le développement de toutes les composantes du langage. Cette hypothèse a été considérée surtout suite aux travaux de Bates sur les différences individuelles sur les plans du vocabulaire et de la morphosyntaxe (Marchman & Thal, 2005). En effet, la chercheuse et ses collègues ont observé qu'il existait une association étroite entre les deux composantes du langage. Par exemple, la corrélation entre les habiletés lexicales et morphosyntaxiques mesurées par les MCDI varie entre .65 et .73 lorsqu'on contrôle pour l'âge (Fenson et al., 1994). La présence d'un mécanisme commun serait donc plausible.

Plusieurs recherches subséquentes ont porté sur l'association *génétique* entre le vocabulaire et la morphosyntaxe, qui peut être estimée à l'aide d'études de jumeaux. La force de la corrélation génétique entre les deux composantes du langage indique à quel point les gènes contribuant aux habiletés lexicales sont les mêmes gènes que ceux contribuant aux habiletés morphosyntaxiques, une corrélation de 1 signifiant un chevauchement complet. Des corrélations génétiques élevées, au-delà des corrélations phénotypiques, viendraient donc supporter l'idée d'un mécanisme inné commun aux deux composantes du langage.

Dale et ses collègues (2000), dont l'étude sur l'étiologie de la morphosyntaxe chez les enfants de 2 ans a été présentée précédemment, ont également investigué l'association entre le vocabulaire et la morphosyntaxe. Ils ont montré qu'il y avait une corrélation génétique de .61 entre les deux composantes du langage. De façon

similaire, dans leur étude auprès d'enfants de 2 et de 3 ans, Dionne et al. (2003) ont obtenu des corrélations génétiques variant entre .63 et .89. Dans ces deux études, le vocabulaire était mesuré à l'aide d'une adaptation des MCDI, dans laquelle les parents devaient indiquer quels mots, parmi une liste de 100, leur enfant pouvait produire. Autour de 4 ½ ans, alors que les habiletés lexicales des enfants ont été évaluées avec une tâche de définition de mots, une tâche de génération de mots de même catégorie, et une tâche de narration supportée par des images, les corrélations génétiques observées demeurent élevées, allant de .39 à .86 (Hayiou-Thomas et al., 2006 ; voir l'étude de Kovas et al., 2005, décrite précédemment, pour les détails sur la morphosyntaxe). La tendance se maintient à 12 ans, avec une corrélation génétique de .71 rapportée par Dale et al. (2010), qui ont mesuré le vocabulaire avec une tâche de définition de mots.

En somme, entre 2 et 12 ans, les gènes qui influencent le développement du vocabulaire sont largement les mêmes que ceux qui influencent le développement de la morphosyntaxe, ce qui a mené Plomin et Kovas (2005) à conclure qu'il existe des gènes généralistes, c'est-à-dire des gènes qui ne sont pas spécifiques à un domaine, mais plutôt dédiés à l'apprentissage de façon générale. Les auteurs postulent que ces gènes pourraient servir à déterminer un ou plusieurs processus cérébraux et/ou cognitifs, possiblement reliés entre eux. Ils donnent comme exemples, entre autres, différents types de mémoire et le quotient intellectuel. Ces processus cérébraux et/ou cognitifs, à leur tour, pourraient déterminer différentes habiletés typiquement corrélées entre elles, comme les habiletés lexicales et morphosyntaxiques.

Parallèlement aux études de jumeaux, d'autres chercheurs ont élaboré des théories selon lesquelles un mécanisme commun serait sous-jacent à toutes les composantes du langage. Notamment, Bates et MacWhinney (Bates & MacWhinney, 1987 ; MacWhinney, 1987) ont développé le modèle de compétition. Selon ce modèle, le langage serait appris à l'aide de différents indices présents dans l'environnement et en compétition les uns avec les autres. La validité des indices varierait en fonction de leur disponibilité et de leur fidélité. Prenons l'exemple d'un enfant qui apprend que le mot *chien* correspond au concept de chien. À chaque fois que l'enfant entend le mot *chien*, plusieurs indices, plus ou moins valides, sont à sa disposition. Par exemple, le fait que l'animal ait quatre pattes et le fait qu'il aboie sont deux indices fidèles, c'est-à-dire que tous les chiens ont quatre pattes et peuvent aboyer. Par contre, le deuxième indice n'est pas toujours disponible. En effet, le chien ne sera pas toujours en train d'aboyer quand l'enfant entendra le mot *chien*. Certains indices sont aussi moins fidèles que la présence de quatre pattes et l'aboiement, comme la présence d'une queue. En effet, bien que la plupart des chiens aient une queue, certains n'en ont pas. Ainsi, quand l'enfant verra un animal sans que l'adulte ne le nomme, il se servira des indices appris, qui seront en compétition entre eux, pour déterminer s'il s'agit ou non d'un chien. La validité actuelle des indices ainsi que la fréquence des expositions antérieures au concept de chien feront en sorte que l'enfant identifiera correctement ou non l'animal. La validité ultérieure des indices sera alors ajustée en conséquence.

Un exemple comparable peut être donné pour la composante morphosyntaxique. Alors qu'un enfant tente de déterminer qui fait l'action dans une phrase, plusieurs indices s'offrent à lui. L'ordre des mots est un indice qui est toujours disponible, mais pas toujours fidèle. Ainsi, bien que le sujet d'une phrase soit le plus souvent l'agent du verbe (p. ex., *Marie a poussé Pierre*), dans les phrases passives, c'est l'objet qui est l'agent (p. ex., *Pierre a été poussé par Marie*). L'animéité (c.-à-d., le fait d'être animé ou non) est également un indice qui n'est pas toujours fidèle. En effet, bien que dans la plupart des phrases, l'agent du verbe soit animé (p. ex., *Marie a poussé le crayon*), les phrases dans lesquelles l'agent est inanimé demeurent grammaticales (p. ex., *Le crayon a poussé Marie*). L'animéité n'est pas non plus toujours disponible, étant donné que l'enfant ne connaît pas toujours la signification des mots qu'il entend (p. ex., *Le potiron a poussé le crayon*). Comme dans l'exemple lexical donné précédemment, l'enfant se sert des indices appris pour déterminer qui fait l'action dans une phrase, et il ajuste la validité des indices à chaque fois qu'il entend une nouvelle phrase.

Bref, les corrélations phénotypiques et génétiques élevées entre le vocabulaire et la morphosyntaxe ont poussé les chercheurs à considérer des mécanismes qui pourraient être à la base de plusieurs composantes du langage. Ces réflexions ont mené, entre autres, à l'hypothèse des gènes généralistes et à l'élaboration du modèle de compétition.

1.7. Les objectifs de la thèse

En somme, la morphosyntaxe est une composante centrale du langage, qui a éveillé l'intérêt de plusieurs chercheurs au cours des dernières décennies. De nombreux outils existent pour mesurer les habiletés morphosyntaxiques des jeunes enfants anglophones, un des plus populaires étant la LMÉ. Le DSS et la densité des énoncés semblent aussi pouvoir évaluer les enfants anglophones un peu plus vieux. Par contre, très peu d'outils existent pour mesurer les habiletés morphosyntaxiques des enfants francophones d'âge scolaire, et la validité et la fidélité de ces outils restent à être testées. En ce qui concerne l'étiologie de la morphosyntaxe et l'association entre la morphosyntaxe et les autres composantes du langage, des théories variées existent. Les études de jumeaux sur le sujet suggèrent un rôle important à la fois des facteurs génétiques et des facteurs environnementaux, ainsi que l'implication de certains gènes communs au vocabulaire et à la morphosyntaxe. Toutefois, aucune de ces études n'a porté sur des enfants francophones, et très peu ont examiné les habiletés d'enfants faisant leur entrée à l'école.

Or, l'étude des enfants francophones d'âge scolaire est essentielle dans le domaine de la morphosyntaxe. Premièrement, bien que la syntaxe française soit similaire à la syntaxe anglaise, les systèmes morphologiques des deux langues diffèrent considérablement. Entre autres, la conjugaison des verbes est bien plus complexe en français qu'en anglais. Par exemple, en français, on dira *je marche, nous marchions, vous marcherez, je finis, nous finissons, vous finirez*, alors qu'en anglais, on dira *I walk, we walked, you will walk, I finish, we*

finished, you will finish. Les règles morphologiques sont donc bien plus évidentes en anglais qu'en français. Par contre, les enfants anglophones doivent apprendre à ajouter le son /s/ à la fin des noms lorsqu'ils veulent indiquer le pluriel, règle que les enfants francophones n'ont pas à acquérir. De même, l'usage du gérondif (c.-à-d., l'ajout du suffixe *-ing* en anglais ou du suffixe *-ant* en français à la fin des verbes) est beaucoup plus fréquent en anglais qu'en français, ce qui ajoute aux apprentissages morphologiques des enfants anglophones.

Thordardottir (2005) a montré que les différences dans la morphologie de l'anglais et du français se reflétaient dans les habiletés morphosyntaxiques des enfants de 2 à 3 ans. En effet, dans un contexte de jeu libre avec un expérimentateur, les enfants francophones ont produit en moyenne 3.79 morphèmes par énoncé, alors que les enfants anglophones en ont produit 3.43. Il semblerait que les différences linguistiques des deux langues aient même un impact sur les habiletés lexicales des enfants. En effet, à l'aide des MCDI, les parents des enfants anglophones ont estimé que ces derniers avaient un vocabulaire productif de 602 mots en moyenne, alors que celui des enfants francophones n'était que de 464. Ces résultats suggèrent que le fait d'apprendre une langue morphologiquement complexe comme le français pourrait avoir un effet négatif sur le développement d'autres composantes du langage comme le vocabulaire. Ils mettent également en évidence, de façon générale, la nécessité d'étudier d'autres langues que l'anglais.

Une deuxième raison d'étudier la morphosyntaxe auprès d'enfants francophones d'âge scolaire est que les habiletés des enfants de cet âge sont différentes de celles des enfants plus jeunes. En effet, tel que mentionné précédemment, suite à l'entrée à l'école, les enfants utilisent des constructions complexes, comme les subordonnées relatives et complétives, de plus en plus fréquemment (Martinot, 2005 ; Nippold et al., 2005), ils maîtrisent de mieux en mieux l'utilisation de certains éléments morphosyntaxiques, comme les pronoms (Karmiloff-Smith, 1986), et ils font de moins en moins d'erreurs, comme l'ajout de *que* après les conjonctions (p. ex., *si que* ; Méresse-Polaert, 1969). Le développement des habiletés morphosyntaxiques n'est donc pas terminé lors de l'entrée à l'école.

De plus, des modifications importantes surviennent chez les enfants lors de la transition dans le milieu scolaire, alors que des enfants provenant de différents types de famille se retrouvent dans un même environnement. Par exemple, des chercheurs ont observé que l'enseignement formel avait un impact positif sur certaines habiletés cognitives comme la mémoire à court terme (Morrison, Smith, & Dow-Ehrensberger, 1995) et les habiletés langagières (Huttenlocher, Levine, & Vevea, 1998). Des changements au niveau étiologique auraient également lieu. En effet, selon Hayiou-Thomas, Dale et Plomin (2012), de nouveaux gènes seraient impliqués dans les habiletés langagières à partir de l'entrée à l'école. Cette période développementale ne devrait donc pas être négligée lors de l'étude de la morphosyntaxe.

Pour ces raisons, l'objectif général de la thèse est d'étudier les habiletés morphosyntaxiques des enfants francophones d'âge scolaire. Le premier objectif spécifique, qui sera abordé dans une première étude, est de comparer la validité et la fidélité de différentes mesures de complexité morphosyntaxique, incluant la Grille de complexité morphosyntaxique (GCMS), une nouvelle adaptation du DSS, dans cette population. Le deuxième objectif spécifique, qui sera abordé dans une deuxième étude, est d'examiner la contribution relative des gènes et de l'environnement au vocabulaire, à la syntaxe et à leur association dans une population d'enfants francophones en première année du primaire.

Chapitre 2 :
Comparison of Measures of Morphosyntactic
Complexity in French-Speaking School-Aged
Children

2.1. Résumé

L'objectif de cette étude était d'examiner la validité et la fidélité de différentes mesures de morphosyntaxe, incluant la Grille de complexité morphosyntaxique (GCMS), une nouvelle adaptation du Developmental Sentence Scoring, auprès d'enfants francophones d'âge scolaire. Soixante-treize enfants québécois de la maternelle à la troisième année ont complété des tâches de définition et de narration. Des scores de production morphosyntaxique ont été calculés avec trois mesures à partir des deux contextes. La longueur moyenne des énoncés, la densité des énoncés et le score global à la GCMS étaient corrélés avec les habiletés lexicales et narratives, et ils augmentaient en fonction du niveau scolaire, suggérant qu'ils sont des mesures valides. Les trois scores étaient aussi corrélés entre les contextes, suggérant qu'ils sont des mesures fidèles. Toutefois, aucun sous-score à la GCMS n'était à la fois valide et fidèle. Ces résultats pourront guider les chercheurs et les cliniciens dans l'évaluation du langage des enfants francophones d'âge scolaire.

2.2. Abstract

This study examined the validity and the reliability of different measures of morphosyntax, including the Morphosyntactic Complexity Scale (MSCS), a novel adaptation of the Developmental Sentence Scoring, in French-speaking school-aged children. Seventy-three Quebec children from kindergarten to Grade 3 completed definition and narration tasks. Scores of morphosyntactic production were calculated with three measures from the two contexts. Mean length of utterance, clause density, and MSCS global score were correlated with lexical and narrative skills, and they increased as a function of school level, suggesting that they are valid measures. The three scores were also correlated across contexts, suggesting that they are reliable measures. However, no MSCS subscore was both valid and reliable. These findings will guide researchers and practitioners in the language assessment of French-speaking school-aged children.

2.3. Introduction

The development of different aspects of language in young English-speaking children is well documented (e.g., Hoff, 2009). However, less is known about the oral language skills of school-aged children speaking a language other than English. This disparity may arise from the fact that tools that are needed for adequate language assessment are not always easily adaptable from one age group to another or from one language to another (Bouchard, Fitzpatrick, & Olds, 2009). As a consequence, in developmental research, language assessments of non-English-speaking children are sometimes limited to a unique aspect, most often vocabulary, leading to conclusions that may not be representative of the whole range of children's language skills. Thus, this study examines the validity and the reliability of different measures of morphosyntax, including a novel measure adapted from the DSS (Lee, 1974). The objective is to provide a broader pool of methods for assessing French-speaking school-aged children.

2.3.1. Existing Measures of Morphosyntactic Complexity

When measuring morphosyntactic skills in children, analysis of spontaneous speech is often preferred to elicited production tests (e.g., the Wug Test; Berko, 1958), which often underestimate children's knowledge (Dever, 1972). The traditional way of analysing morphosyntactic complexity from spontaneous speech is to calculate the mean length of utterance (MLU; Brown, 1973) by dividing the total number of words or morphemes by the total number of utterances. The popularity of MLU comes from its easiness to compute and to adapt across languages. Nevertheless, this measure has been widely criticized for its lack of validity and reliability, especially in older children.

For instance, numerous studies have shown that MLU is positively correlated with age in toddlers, but that this association sharply decreases after age 3 years (Klee & Fitzgerald, 1985; Parisse & Le Normand, 2006; Rondal et al., 1987; Scarborough et al., 1986), even though morphosyntax development is ongoing until adulthood (Martinot, 2005; Nippold et al., 2005). These findings and others from research examining the association between MLU and more detailed morphosyntactic cues (Blake et al., 1993; Scarborough et al., 1991) suggest that MLU becomes less sensitive to individual differences as children get older. Furthermore, MLU was found to be rather unstable from one measuring time to another (Bornstein, Hahn, & Haynes, 2004; Chabon et al., 1982). Therefore, MLU may not be well suited to assess morphosyntactic complexity in school-aged children.

Alternatively, morphosyntactic complexity in older children can be assessed with clause density (Scott & Stokes, 1995), which can be calculated by dividing the total number of clauses (independent and dependent) by the number of independent clauses to express the proportion of embedded clauses produced. As MLU, this measure is easy to compute and to adapt to different languages. Additionally, it is deemed to increase with

age up to adolescence. Therefore, clause density, even though less popular than MLU, is frequently chosen when assessing morphosyntactic complexity in school-aged children.

Another recognised measure of morphosyntactic complexity in English is the DSS (Lee, 1974). This measure is based on the typical developmental sequence of English morphosyntax, that is, score is calculated by assigning less points to early-acquired items, such as the conjunction *and*, and more points to later-acquired items, such as the conjunction *while*. One point is also given for each morphosyntactically correct utterance. Then, total score is divided by the total number of utterances to express a mean complexity score. A study evaluating the DSS's validity indicated that score was associated with age in children up to 7 years old (Kemper et al., 1995). Along with the fact that the DSS informs on many different components of morphosyntax, this finding suggests that this measure may be a suitable alternative to other methods when assessing school-aged children. However, the complexity of the DSS makes it tedious to use and difficult to adapt to a language other than English, and so no similar measure exists for children speaking French (but see Maillart, Parisse, & Tommerdahl, 2012, and Parisse & Le Normand, 2006, for detailed qualitative measures of morphosyntax in French; see also Toronto, 1976, and Miyata et al., 2013, for adaptations of the DSS to Spanish and Japanese, respectively).

Finally, when assessing morphosyntactic complexity from spontaneous speech, it is important to bear in mind that the context in which speech is produced may have an influence on language. For instance, MLU is typically higher when children tell a story compared with when they answer questions within a conversation (Southwood & Russell, 2004). In addition, children generally use more complex verb forms in conversation than in narration (Wagner, Nettelbladt, Sahlén, & Nilholm, 2000). Therefore, when assessing morphosyntactic complexity from spontaneous speech, the choice of a context must be made conscientiously.

2.3.2. The Present Study

Despite the availability of several methods to measure English-speaking children's language (see also the IPS [Scarborough, 1990] and the LARSP [Crystal et al., 1976]), there are few means to measure morphosyntax from spontaneous speech in French. Moreover, the validity and the reliability of these methods remain poorly documented, for they have been mostly examined in English-speaking children some decades ago. Hence, the objective of the present study is to examine the validity and the reliability of MLU, clause density, and the Morphosyntactic Complexity Scale (MSCS; an adaptation of the DSS) to assess morphosyntactic complexity in French-speaking school-aged children.

A *valid* method is expected to generate scores that are moderately correlated with other measures of language. Such correlations would suggest that while being related to other aspects of language, the method

assesses a different aspect, which, in this case, is thought to be morphosyntax (see question 1). A valid method should also generate scores that increase as a function of school level, which would indicate that it is sensitive to age-related growth in morphosyntactic complexity (see question 2a)³.

In addition, a *reliable* method is expected to generate scores that are correlated across contexts. This inter-contextual correlation would imply that children who speak with an above-average morphosyntax while performing a certain task also speak with an above-average morphosyntax while performing a different task (see question 3a).

Furthermore, an adequate measure of morphosyntax is expected to generate scores that increase as a function of school level and to generate scores that are correlated across contexts even when other measures of language are controlled for. This would ensure that the validity and the reliability criteria are met because of actual variations in morphosyntax and not only because of variations in other aspects of language captured by the measure (see questions 2b and 3b).

Finally, once a method is considered as valid and reliable, it is important to determine in which context it can be used. A context that maximises scores is preferable for it reduces any possible underestimation of children's capabilities (see question 4).

Therefore, the specific questions the study addresses are the following:

1. How are MLU, clause density, and MSCS scores associated with other measures of language?
2.
 - a) Do MLU, clause density, and MSCS scores increase as a function of school level?
 - b) Do they increase over and beyond other measures of language?
3.
 - a) Are MLU, clause density, and MSCS scores stable across contexts?
 - b) Are they stable over and beyond other measures of language?
4. How do MLU, clause density, and MSCS scores vary as a function of context?

2.4. Method

2.4.1. Participants

Seventy-three students (35 boys and 38 girls) from kindergarten to Grade 3 were recruited from five public primary schools in Quebec City, Canada. To participate in the study, students had to have French as their first

³ These tests of construct validity rely on the idea of a nomological network proposed by Cronbach and Meehl (1955).

language and to have a typical language development according to their teacher⁴. Furthermore, to create somewhat homogeneous age groups, all students were tested no more than four months before or five months after their birthday. One participant was removed from the study because her parents did not provide her date of birth and other essential information. Mean age of all the remaining participants was 7.55 years ($SD = 1.17$). Kindergarten students ($n = 19$) were on average 6.04 years old ($SD = 0.19$), Grade 1 students ($n = 17$) were on average 7.04 years old ($SD = 0.16$), Grade 2 students ($n = 18$) were on average 8.08 years old ($SD = 0.20$), and Grade 3 students ($n = 18$) were on average 9.08 years old ($SD = 0.17$). Most participants had parents with a university degree, and parents' education level did not vary as a function of school level, $\chi^2(9) = 5.69$, $p = .77$.

2.4.2. Procedure

Participants were assessed at their school. Kindergarten students completed the Vocabulary subtest of the French version of the WPPSI-III (Wechsler, 2002), and Grade 1 to Grade 3 students completed the Vocabulary subtest of the French version of the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-III; Wechsler, 1991). All participants also completed the French version of the Edmonton Narrative Norms Instrument (ENNI; Schneider, Dubé, & Hayward, 2005). Half of the participants completed the WPPSI/WISC first, and the other half completed the ENNI first. Participants' answers to the WPPSI/WISC and the ENNI were recorded and transcribed by four trained assistants and the first author, who also revised all of the transcripts. Then, MLU, clause density, and MSCS scores were calculated from these transcripts.

2.4.3. Materials

2.4.3.1. Contexts

The Vocabulary subtest of the WPPSI/WISC assesses children's receptive vocabulary by asking them to define a list of words. The WPPSI, which is intended for children between 2 ½ and 7 years of age, consists of a list of 25 words, and the WISC, which is intended for children between 6 and 16 years of age, consists of a list of 30 words. The task ends after the children have defined all of the words or after four consecutive scores of 0. Score is determined by the accuracy of the definitions provided: 0 point is assigned to an incorrect answer, 1 point is assigned to a partially correct answer, and 2 points are assigned to a completely correct answer⁵. The total score is calculated by adding the individual scores of every word (maximum = 43 for the WPPSI and 60 for the WISC), and it is then normalised for age (range: 1-19). Inter-rater reliability is good for

⁴ Four participants' parents reported their child had a language impairment and/or had seen a speech therapist. However, the participants were kept in the study because their scores did not substantially change the results of the analyses.

⁵ For the first seven words in the WPPSI, 1 point is assigned to a completely correct answer.

these measures, with intra-class correlation coefficients of .97 for the WPPSI and .98 for the WISC (Wechsler, 1991, 2002).

The ENNI assesses 4- to 9-year-old children's narrative skills. In this task, children are asked to tell a practice story and two series of three stories from pictures that are shown to them. The practice story has five pictures and each series includes one 5-, one 8-, and one 13-picture story. The task ends after the children have told the seven stories or after 20 minutes. Score is determined by the mention of essential units of the story grammar (e.g., setting, initiating event, outcome) with every unit being worth 1 or 2 points. Total scores are calculated from the 5-picture story (maximum = 14) and the 13-picture story (maximum = 40) of the first series, and they are then normalised for age ($M = 10$; $SD = 3$). Inter-rater reliability is good for these measures, with Cohen's kappa coefficients of .92 for both stories (Schneider et al., 2005). The normalised scores of the two stories were averaged to a mean score in the present study.

2.4.3.2. Measures of morphosyntactic complexity

MLU was calculated by dividing the total number of words or morphemes by the total number of utterances. A morpheme was defined as any word or audible ending indicating feminine, plural, tense, or person. An utterance was defined as a sentence containing minimally a subject and a verb, and possibly one or more coordinate and/or subordinate clauses. A sequence of words that was not a sentence but that was separated from the rest of speech by pauses of at least one second was also considered as an utterance. However, hesitations or reflection pauses within a sentence did not divide this sentence into more than one utterance (Rondal, 1997).

Clause density was calculated by dividing the total number of independent and dependent clauses by the number of independent clauses. A dependent clause was defined as a clause that is embedded in an independent clause. Thus, relative clauses, noun clauses, and adverbial clauses were counted as dependent clauses. However, non-embedded clauses, coordinate clauses, and utterances with no inflected verb were counted as independent clauses. As an example, the utterance *It means that it's old* would receive a score of 2 because it has one independent clause (*It means*) and one dependent clause (*that it's old*).

The MSCS (see Appendix A) follows the same design as Lee's (1974) DSS: Every time selected morphosyntactic items were encountered, they received points, later-acquired items more so than early-acquired ones. The selection of morphosyntactic items (articles, personal and impersonal pronouns, prepositions and adverbs, verb tenses, clause types, and relations) and their score (range: 1-9) were established from the typical developmental sequence of French morphosyntax proposed by Rondal for European children between 2 and 6 years old (1978, pp. 176–178). Several aspects of this sequence were also validated more recently in English-speaking and French-speaking European and Quebec children

(Bassano, 2000; Bassano et al., 2008; Girouard et al., 1997; Schmitz & Müller, 2008; Strik, 2007; Thordardottir, 2005; Trudeau & Sutton, 2011; Vasilyeva et al., 2008). In addition to this graded scoring, one point was given for each morphosyntactically correct utterance.

Different scores can be computed from the MSCS. The *global score* is the total number of points divided by the total number of utterances. A *subscore* can be computed for a given category (e.g., Articles) by dividing the total number of points in the category by the total number of utterances. Two other scores can also be calculated from the total number of items in a given category (e.g., the total number of articles produced): (a) the *average frequency* of a category, that is, the total number of items in the category divided by the total number of utterances, and (b) the *average complexity* of a category, that is, the total number of points in the category divided by the total number of items in the category. In fact, the multiplication of these two scores results in the subscore of a category.

To make sure MLU, clause density, and MSCS scores were not artificially inflated, a maximum of two coordinate clauses were kept for each utterance. Any additional coordinate clause was considered as a new utterance (Lee, 1974). Moreover, groups of words and expressions considered as a single unit (e.g., *parce que* [because]) were counted as only one word (Thordardottir, 2005). Finally, utterances of only one morpheme were not included in the calculation of the scores (Rondal, 1997), and nor were utterances that were unintelligible or that contained an unintelligible segment, repeated utterances (Lee, 1974), and utterances not related to the task.

All morphosyntactic scores were calculated by four different raters, except clause density, which was calculated by a single rater. Scores for six participants were calculated from the WPPSI/WISC and from the ENNI by an additional external rater for clause density and by the study's four raters for the other measures. Intra-class correlation coefficients were above .85 for all scores except complexity of prepositions and adverbs, for which it was .76.

2.5. Results

2.5.1. Descriptive Statistics

The WPPSI/WISC elicited 51.01 utterances on average ($SD = 31.95$), and the ENNI, 67.75 ($SD = 15.29$). The mean score of vocabulary, computed from the WPPSI/WISC, was 11.94 ($SD = 2.72$), and the mean score of narration, computed from the ENNI, was 9.71 ($SD = 2.79$). Means and standard deviations for MLU, clause density, and MSCS scores calculated from the WPPSI/WISC and the ENNI are presented as a function of school level in Table 2.1. Since the correlations between MLU in words and MLU in morphemes were exceptionally strong ($r = .99$, $p < .001$, for the WPPSI/WISC, and $r = .995$, $p < .001$, for the ENNI; see Parisse

& Le Normand, 2006, for similar results), only MLU in words was used in the analyses. Moreover, since the six MSCS subscores are composites of average frequency and average complexity scores, only the latter were used in the analyses (in addition to the global score). Furthermore, clause density was log-transformed for further analyses because it was not normally distributed.

Correlations between MLU, clause density, and MSCS scores calculated from the WPPSI/WISC and the ENNI are presented in Table 2.2. For scores calculated from the WPPSI/WISC (below the diagonal) as well as for those calculated from the ENNI (above the diagonal), most correlations between MLU, clause density, MSCS global score, and average frequency scores were significant and positive. However, regarding average complexity scores, there were fewer significant correlations, and no clear pattern emerged.

2.5.2. How Are MLU, Clause Density, and MSCS Scores Associated with Other Measures of Language?

To investigate the validity of MLU, clause density, and the MSCS, correlations were performed between these measures calculated from the WPPSI/WISC and the ENNI and vocabulary knowledge and narrative skills. The results are presented in Table 2.3. MLU, clause density, MSCS global score, frequency of articles, and frequency of relations, when calculated from either the WPPSI/WISC or the ENNI, were all significantly and positively correlated with both vocabulary knowledge and narrative skills (except for frequency of relations calculated from the ENNI, which was not significantly correlated with vocabulary knowledge). These consistent moderate associations suggest that these measures could be considered as valid. Still, the next analyses provide further evidence regarding the question of validity.

2.5.3. Do MLU, Clause Density, and MSCS Scores Increase as a Function of School Level?

To further investigate the validity of MLU, clause density, and MSCS global score, three repeated measures analyses of variance (ANOVAs) were conducted with context (WPPSI/WISC, ENNI) as the within-subjects variable and school level (kindergarten, Grade 1, Grade 2, Grade 3) as the between-subjects variable. Sex was also included as a between-subjects variable for MLU and MSCS global score, as *t*-tests revealed that girls scored higher than boys on these measures ($ps < .05$ for both measures in the WPPSI/WISC and the ENNI).

Table 2.1

Means (and Standard Deviations) for MLU, Clause Density, and MSCS Scores Calculated From the WPPSI/WISC and the ENNI as a Function of School Level

Measure	WPPSI/WISC				ENNI			
	Kindergarten	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Kindergarten	Grade 1	Grade 2	Grade 3
MLU in words	8.28 (2.67)	8.48 (2.59)	9.31 (1.64)	10.61 (2.89)	8.61 (2.10)	8.83 (2.27)	9.77 (1.37)	11.32 (2.67)
Clause density	1.38 (0.25)	1.43 (0.21)	1.56 (0.19)	1.58 (0.26)	1.14 (0.10)	1.13 (0.12)	1.21 (0.10)	1.21 (0.08)
MSCS scores								
Global score	20.85 (6.81)	19.91 (6.53)	21.53 (3.78)	24.72 (7.35)	21.54 (5.72)	20.22 (5.07)	22.34 (3.63)	26.01 (6.38)
Average frequency								
Articles	0.93 (0.33)	0.99 (0.27)	1.02 (0.22)	1.10 (0.27)	0.91 (0.31)	1.18 (0.34)	1.21 (0.30)	1.26 (0.41)
(Im)personal pronouns	0.90 (0.42)	0.73 (0.45)	0.88 (0.39)	1.12 (0.42)	1.46 (0.47)	1.35 (0.44)	1.43 (0.44)	1.68 (0.65)
Prepositions and adverbs	0.69 (0.24)	0.60 (0.19)	0.64 (0.14)	0.66 (0.28)	0.53 (0.25)	0.41 (0.14)	0.55 (0.17)	0.51 (0.15)
Verb tenses	2.05 (0.58)	2.07 (0.59)	2.11 (0.34)	2.36 (0.58)	1.73 (0.37)	1.72 (0.40)	1.90 (0.30)	2.15 (0.48)
Clause types	2.05 (0.58)	2.07 (0.59)	2.11 (0.34)	2.36 (0.58)	1.73 (0.37)	1.72 (0.40)	1.90 (0.30)	2.15 (0.48)
Relations	0.71 (0.43)	0.71 (0.44)	0.89 (0.30)	1.01 (0.48)	0.73 (0.42)	0.75 (0.46)	0.87 (0.32)	1.06 (0.40)
Average complexity								
Articles	3.04 (0.23)	2.92 (0.17)	2.92 (0.19)	2.86 (0.20)	2.86 (0.10)	2.88 (0.09)	2.85 (0.11)	2.88 (0.13)
(Im)personal pronouns	3.88 (0.39)	3.63 (0.50)	3.19 (0.45)	3.18 (0.34)	3.04 (0.31)	2.98 (0.22)	3.08 (0.20)	3.20 (0.23)
Prepositions and adverbs	2.88 (0.57)	2.51 (0.56)	2.91 (0.58)	3.06 (0.49)	3.38 (0.77)	3.32 (0.60)	3.49 (0.71)	3.17 (0.64)
Verb tenses	3.08 (0.12)	3.10 (0.08)	3.16 (0.16)	3.18 (0.20)	4.28 (0.86)	3.60 (0.64)	3.49 (0.44)	3.89 (1.14)
Clause types	1.21 (0.23)	1.26 (0.15)	1.24 (0.12)	1.34 (0.21)	1.24 (0.10)	1.24 (0.10)	1.20 (0.07)	1.32 (0.11)
Relations	4.00 (0.57)	4.23 (0.62)	4.31 (0.46)	4.41 (0.45)	2.86 (0.56)	2.81 (0.39)	3.16 (0.48)	3.32 (0.54)

Note. MLU = mean length of utterance; MSCS = Morphosyntactic Complexity Scale; WPPSI = Vocabulary subtest of the Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence; WISC = Vocabulary subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children; ENNI = Edmonton Narrative Norms Instrument.

Table 2.2

Correlations Between MLU, Clause Density, and MSCS Scores Calculated From the WPPSI/WISC and the ENNI

Measure	3														
			a	b						c					
	1	2		i	ii	iii	iv	v	vi	i	ii	iii	iv	v	vi
1. MLU in words	.65***	.62***	.94***	.43***	.66***	.46***	.92***	.92***	.87***	-.07	.12	.02	.08	.27*	.27*
2. Clause density	.63***	.42***	.63***	.31**	.33**	.23*	.65***	.65***	.62***	-.05	.10	-.07	.02	.20	.65***
3. MSCS scores															
a) Global score	.96***	.69***	.60***	.28*	.71***	.55***	.90***	.90***	.87***	-.05	.23	.17	.24*	.30*	.27*
b) Av. frequency															
i. Articles	.77***	.40***	.68***	.19	-.16	.19	.28*	.28*	.33**	.09	-.08	-.20	-.19	-.01	.10
ii. (Im)pers. pron.	.80***	.53***	.87***	.41***	.40***	.35**	.71***	.71***	.60***	-.20	.28*	.18	-.13	.15	.15
iii. Prep. and adv.	.63***	.24*	.65***	.54***	.49***	.08	.35**	.35**	.40***	-.10	.21	.42***	.09	.01	-.03
iv. Verb tenses	.89***	.62***	.91***	.61***	.73***	.53***	.58***	1.00***	.84***	-.17	.12	.01	-.03	.23	.34**
v. Clause types	.89***	.62***	.91***	.61***	.73***	.53***	1.00***	.58***	.84***	-.17	.12	.01	-.03	.23	.34**
vi. Relations	.87***	.82***	.92***	.54***	.78***	.50***	.80***	.80***	.51***	-.11	.10	.13	.06	.23	.06
c) Av. complexity															
i. Articles	-.14	-.13	-.07	-.13	-.16	.12	-.13	-.13	-.05	.03	-.12	-.08	.27*	.29*	-.14
ii. (Im)pers. pron.	-.31**	-.30*	-.24*	-.10	-.34**	.07	-.25*	-.25*	-.33**	.35**	-.11	.04	-.04	-.05	.18
iii. Prep. and adv.	.35**	.29*	.38**	.14	.41***	.18	.22	.22	.38***	.03	-.15	.15	.05	-.08	-.18
iv. Verb tenses	.50***	.17	.46**	.33**	.52***	.32**	.35**	.35**	.38**	-.19	-.45***	.25*	.14	.26*	-.07
v. Clause types	.21	.08	.18	.04	.11	-.02	.14	.14	.17	-.13	-.07	-.16	.12	.14	.20
vi. Relations	.16	.58***	.23*	.11	.19	-.02	.17	.17	.22	-.04	-.06	.08	-.03	-.10	.21

Note. Correlations for the WPPSI/WISC are presented below the diagonal, correlations for the ENNI are presented above the diagonal, and correlations between the WPPSI/WISC and the ENNI are presented in boldface on the diagonal. MLU = mean length of utterance; MSCS = Morphosyntactic Complexity Scale; WPPSI = Vocabulary subtest of the Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence; WISC = Vocabulary subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children; ENNI = Edmonton Narrative Norms Instrument; Av. frequency = average frequency; (Im)pers. pron. = personal and impersonal pronouns; Prep. and adv. = prepositions and adverbs; Av. complexity = average complexity.

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

Table 2.3

Correlations Between Vocabulary Knowledge and Narrative Skills, and MLU, Clause Density, and MSCS Scores Calculated From the WPPSI/WISC and the ENNI

Measure	Vocabulary knowledge ^a		Narrative skills ^b	
	WPPSI/WISC	ENNI	WPPSI/WISC	ENNI
MLU in words	.36**	.30*	.34**	.40***
Clause density	.36**	.33**	.25*	.35**
MSCS scores				
Global score	.28*	.23*	.28*	.30*
Average frequency				
Articles	.34**	.26*	.27*	.49***
(Im)personal pronouns	.12	-.02	.19	-.09
Prepositions and adverbs	.08	.00	.15	.15
Verb tenses	.23	.24*	.19	.29*
Clause types	.23	.24*	.19	.29*
Relations	.35**	.19	.32*	.32**
Average complexity				
Articles	-.08	.03	.03	.02
(Im)personal pronouns	-.17	.07	-.12	.01
Prepositions and adverbs	.14	-.13	.34*	-.12
Verb tenses	.12	.09	.24*	.08
Clause types	.01	.17	.04	.00
Relations	.19	.30*	-.01	.14

Note. MLU = mean length of utterance; MSCS = Morphosyntactic Complexity Scale; WPPSI = Vocabulary subtest of the Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence; WISC = Vocabulary subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children; ENNI = Edmonton Narrative Norms Instrument.

^aAssessed with the WPPSI/WISC. ^bAssessed with the ENNI.

* $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$.

Moreover, to further investigate the validity of average frequency and average complexity scores, two repeated measures multivariate analyses of variance (MANOVAs) were conducted with context (WPPSI/WISC, ENNI) as the within-subjects variable and school level (kindergarten, Grade 1, Grade 2, Grade 3) as the between-subjects variable. Sex was also included as a between-subjects variable in both analyses, as *t*-tests revealed that girls scored higher than boys on at least one measure of frequency and one measure of complexity ($ps < .05$ for frequency of articles, prepositions and adverbs, conjugated verbs⁶, and relations, and complexity of prepositions and adverbs in the WPPSI/WISC, and for complexity of verb tenses in the ENNI).

2.5.3.1. *MLU*

The ANOVA performed with MLU as the dependent variable revealed a significant main effect of school level, $F(3, 67) = 4.88$, $p = .004$, $\eta_p^2 = .18$. Post hoc comparison tests performed with a Sidak adjustment indicated that Grade 3 students had higher MLUs than kindergarten ($p = .003$) and Grade 1 ($p = .04$) students.

2.5.3.2. *Clause density*

The ANOVA performed with clause density as the dependent variable revealed a significant main effect of school level, $F(3, 68) = 5.17$, $p = .003$, $\eta_p^2 = .19$. Post hoc comparison tests performed with a Sidak adjustment indicated that Grade 2 ($p = .02$) and Grade 3 ($p = .02$) students produced denser clauses than kindergarten students.

2.5.3.3. *MSCS global score*

The ANOVA performed with MSCS global score as the dependent variable revealed a significant main effect of school level, $F(3, 67) = 2.85$, $p = .04$, $\eta_p^2 = .11$. However, post hoc comparison tests performed with a Sidak adjustment indicated no significant difference between any school levels. Still, as shown in Table 2.1, MSCS global scores generally increase from kindergarten to Grade 3.

2.5.3.4. *Average frequency*

The MANOVA performed with average frequency scores as the dependent variables revealed a significant main effect of school level, Wilks' $\Lambda = .62$, $F(15, 174) = 2.22$, $p = .01$, $\eta_p^2 = .15$. Univariate tests of between-subjects effects showed that only frequency of articles varied as a function of school level, $F(3, 67) = 4.13$, $p = .01$, $\eta_p^2 = .16$. Post hoc comparison tests performed with a Sidak adjustment indicated that Grade 3 students produced more articles than kindergarten students ($p = .01$).

⁶ Frequency of verb tenses and frequency of clause types are the same measure – frequency of conjugated verbs – as both were calculated by dividing the total number of conjugated verbs by the total number of utterances.

2.5.3.5. *Average complexity*

The MANOVA performed with average complexity scores as the dependent variables revealed a significant main effect of school level, Wilks' $\Lambda = .46$, $F(18, 176) = 3.10$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .23$. Univariate tests of between-subjects effects showed that complexity of pronouns, $F(3, 67) = 6.40$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .22$, complexity of verb tenses, $F(3, 67) = 2.82$, $p = .045$, $\eta_p^2 = .11$, complexity of clause types, $F(3, 67) = 3.72$, $p = .02$, $\eta_p^2 = .14$, and complexity of relations, $F(3, 67) = 4.70$, $p = .005$, $\eta_p^2 = .17$, varied as a function of school level. Post hoc comparison tests performed with a Sidak adjustment indicated that Grade 3 students produced more complex clause types than kindergarten ($p = .01$) and Grade 2 ($p = .01$) students, and more complex relations than kindergarten students ($p = .01$). Nonetheless, they also indicated that kindergarten students produced more complex pronouns than Grade 2 ($p < .001$) and Grade 3 ($p = .01$) students, and more complex verb tenses than Grade 2 students ($p = .04$), that is, that complexity of pronouns and complexity of verb tenses decreased as a function of school level.

2.5.3.6. *Interactions with context*

Interactions between school level and context need to be considered, as a measure for which no main effect of school level was found could have increased as a function of school level only in one of the contexts. Nevertheless, no interaction showing an increase as a function of school level was found ($ps > .16$)⁷.

2.5.3.7. *Controlling for vocabulary knowledge and narrative skills*

To ensure that MLU, clause density, and MSCS scores are valid measures of morphosyntax and not of general language, the previous ANOVAs and MANOVAs were conducted again with vocabulary knowledge and narrative skills as covariates. The analyses revealed a significant main effect of school level for MLU, $F(3, 65) = 3.58$, $p = .02$, $\eta_p^2 = .14$, clause density, $F(3, 66) = 3.21$, $p = .03$, $\eta_p^2 = .13$, average frequency, Wilks' $\Lambda = .66$, $F(15, 169) = 1.80$, $p = .04$, $\eta_p^2 = .13$, and average complexity, Wilks' $\Lambda = .47$, $F(18, 170) = 2.90$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .22$, but not for MSCS global score, $F(3, 65) = 2.32$, $p = .08$, $\eta_p^2 = .10$ (although the effect was almost significant). Univariate tests of between-subjects effects and post hoc comparison tests performed with a Sidak adjustment yielded results close to those obtained without the control.

Overall, as indicated by their increase as a function of school level, MLU, clause density, MSCS global score, frequency of articles, complexity of clause types, and complexity of relations could be considered as valid measures. However, when taking away the effect of vocabulary knowledge and narrative skills to reveal which measures assess morphosyntactic complexity specifically, only MLU, clause density, complexity of clause

⁷ Interactions between school level and context were found for some average complexity scores, but since they showed a decrease as a function of school level, they will not be discussed further.

types, and complexity of relations remain. Furthermore, when considering the results from the correlations performed previously, only MLU and clause density meet both criteria to be considered as valid measures of morphosyntactic complexity.

2.5.4. Are MLU, Clause Density, and MSCS Scores Stable across Contexts?

To investigate the reliability of MLU, clause density, and the MSCS, correlations were performed between these measures calculated from the WPPSI/WISC and the ENNI. The results are presented in Table 2.2 (on the diagonal). MLU, clause density, MSCS global score, frequency of pronouns, frequency of conjugated verbs, and frequency of relations were significantly and positively correlated across contexts. All of these inter-contextual correlations remained significant when controlling for vocabulary knowledge and narrative skills (MLU: $r = .59$, $p < .001$; clause density: $r = .33$, $p = .01$; MSCS global score: $r = .56$, $p < .001$; frequency of pronouns: $r = .43$, $p < .001$; frequency of conjugated verbs: $r = .55$, $p < .001$; frequency of relations: $r = .46$, $p < .001$), suggesting that these measures are reliable.

Taken with our previous findings, these correlations suggest that only MLU and clause density meet all the criteria for validity and reliability. However, MSCS global score could also be considered as an adequate measure of morphosyntactic complexity, as it only marginally failed to increase as a function of school level when vocabulary knowledge and narrative skills were controlled for.

2.5.5. How Do MLU, Clause Density, and MSCS Scores Vary as a Function of Context?

To investigate which context is better suited to use MLU, clause density, and MSCS global score, the effect of context was examined in the repeated measures ANOVAs conducted previously with these measures. A marginally significant main effect of context was found for MLU, $F(1, 67) = 3.44$, $p = .07$, $\eta_p^2 = .05$, with higher MLUs in the ENNI than in the WPPSI/WISC. In addition, a significant main effect of context was found for clause density, $F(1, 68) = 181.25$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .73$, with denser clauses in the WPPSI/WISC than in the ENNI. However, no significant main effect of context was found for MSCS global score, $F(1, 67) = 1.44$, $p = .23$, $\eta_p^2 = .02$, suggesting that children have comparable scores in the WPPSI/WISC and in the ENNI.

2.6. Discussion

The objective of this study was to examine the validity and the reliability of MLU, clause density, and the MSCS to assess morphosyntactic complexity in French-speaking school-aged children. Whereas MLU, clause density, and MSCS global score proved to be valid and reliable methods, MSCS average frequency and average complexity scores failed to (a) be associated with other measures of language, (b) increase as a

function of school level, and/or (c) be stable across contexts. Furthermore, while the MSCS generated similar global scores when calculated from a definition and a narration task, MLU was found to generate higher scores when calculated from a narration task, and clause density was found to generate higher scores when calculated from a definition task.

2.6.1. MLU

Despite the numerous criticisms it has received (e.g., Chabon et al., 1982; Klee & Fitzgerald, 1985), MLU seems to be an adequate method to assess morphosyntactic complexity in French-speaking school-aged children, at least between kindergarten and Grade 3. Indeed, regardless of the context from which it was calculated, it was moderately correlated with vocabulary knowledge and narrative skills. Furthermore, children entering school produced on average shorter utterances than did children in higher school levels, and MLUs calculated from the definition task were associated with MLUs calculated from the narration task. These results remained significant even when controlling for vocabulary knowledge and narrative skills to ensure that morphosyntactic skills specifically rather than general language skills be assessed.

The discrepancy between these results and those from previous research may arise from the fact that most other studies examined English-speaking children. Indeed, French has a more complex morphology than English (e.g., verbs are inflected differently for all persons), and so French-speaking children may acquire the complex features of their language over a prolonged period of time, which would preserve the association between age and MLU longer. In fact, recent findings indicate that MLU increases significantly in 4 ½- to 5 ½-year-old children speaking French (Thordardottir, Keheyia, Lessard, Sutton, & Trudeau, 2010), and in 4- to 8-year-old children speaking Italian (Venuti et al., 2011), another morphologically complex language, whereas there is no association with age in English-speaking children above 3 years old (Rondal et al., 1987). Considering the fact that only MLU in words was used in the present study and that it was strongly correlated with MLU in morphemes, it could be the case that morphological differences between languages influence the number of words produced per utterance as well.

2.6.2. Clause Density

As is the case for MLU, clause density seems to be an adequate method to assess morphosyntactic complexity in French-speaking school-aged children, at least between kindergarten and Grade 3. Indeed, regardless of the context from which it was calculated, it was moderately correlated with vocabulary knowledge and narrative skills. Furthermore, children in higher school levels produced on average denser clauses than did children just entering school, and clause densities calculated from the definition task were associated with clause densities calculated from the narration task. These results remained significant even when controlling

for vocabulary knowledge and narrative skills to ensure that morphosyntactic skills specifically rather than general language skills be assessed.

These findings are in agreement with what was expected. Indeed, some studies have revealed that adults produce more relative clauses than children (Martinot, 2005; Nippold et al., 2005), supporting the idea that morphosyntactic development persists well beyond age 3 years. Our results indicate that clause density can capture such age-related variations.

2.6.3. The MSCS

Similarly to MLU and clause density, MSCS global score could be an adequate method to assess morphosyntactic complexity in French-speaking school-aged children, at least between kindergarten and Grade 3. In fact, this score was strongly correlated with MLU in both contexts (see Table 2.2). Regardless of the context from which it was calculated, MSCS global score was correlated with vocabulary knowledge and narrative skills. However, the correlations were more modest than for MLU and clause density. Furthermore, children entering school had on average lower MSCS global scores than did children in higher school levels, but the effect of school level disappeared when vocabulary knowledge and narrative skills were taken into account. Finally, MSCS global scores calculated from the definition task were associated with MSCS global scores calculated from the narration task, even when controlling for vocabulary knowledge and narrative skills. Therefore, even though the validity of MSCS global score is somewhat less definite than that of MLU and clause density, and considering the fact that this score takes a long time to compute, it could be used when the objective is to get a detailed portrait of morphosyntactic complexity.

The validity and the reliability of MSCS global score in the present study support previous findings indicating that DSS global score is a valid measure of morphosyntax in English-speaking school-aged children (Kemper et al., 1995). Hence, the adaption of the method to French-speaking children proved to be successful, as both the DSS and the MSCS yield global scores that increase as a function of age or school level in school-aged children.

Nevertheless, results of the present study question the validity and the reliability of MSCS average frequency and average complexity scores. Indeed, out of the 12 scores examined, only frequency of articles, frequency of conjugated verbs, and frequency of relations were correlated with other language measures. Furthermore, the only relevant differences between children entering school and those in higher school levels were that the former produced fewer articles, simpler clause types, and simpler relations than the latter. Finally, only frequency of pronouns, frequency of conjugated verbs, and frequency of relations were correlated across contexts. Still, these results are novel, since, to our knowledge, no one has previously examined the validity

and the reliability of the MSCS or a similar measure separately for its different categories. If a specific category had been shown to be valid and reliable, it would have been useful for researchers and practitioners to know, as this category could have been used alone to assess morphosyntactic skills, thus reducing the lengthy computation process required by the MSCS.

It should be noted that this inconclusive finding might result from the small sample size of the study. Indeed, the groups comprised only between 17 and 19 children of each grade, making it possible that some insignificant results were due to a lack of statistical power. Further research should therefore examine the validity and the reliability of MSCS average frequency and average complexity scores in a larger sample of children before strong claims can be made as to the psychometric properties of these scores.

2.6.4. Context

The results of this study indicate that both definition and narration tasks are adequate contexts from which to calculate morphosyntactic complexity. Indeed, MLU, clause density, and MSCS global score were correlated with vocabulary knowledge and narrative skills whether they were calculated from one context or the other. In fact, correlations between the morphosyntactic measures calculated from the WPPSI/WISC and vocabulary knowledge (assessed with the WPPSI/WISC) were comparable to those between the morphosyntactic measures calculated from the ENNI and vocabulary knowledge, and the same was true for correlations with narrative skills. In other words, the morphosyntactic measures were not over-correlated with the skill assessed by the context from which they were calculated (viz., vocabulary knowledge or narrative skills), which is desirable, as it suggests that the measures are somewhat independent.

Nonetheless, the morphosyntactic measures acted differently across contexts: While MSCS global scores were equivalent in the definition and the narration tasks, MLU was higher in the narration task, and clause density was higher in the definition task. These results, which point out that morphosyntactic scores should not be compared if calculated from different contexts, are consistent with previous findings. Indeed, longer utterances are usually produced in narrative contexts in comparison with conversational/questioning contexts (Southwood & Russell, 2004), and giving definitions was found to enhance the production of relative clauses (Friedmann, Aram, & Novogrodsky, 2011).

Consequently, if morphosyntactic complexity is assessed with MLU, then a narration context should be favoured, as this context maximises the length of utterances. Inversely, if morphosyntactic complexity is assessed with clause density, then a definition context should be favoured, as this context maximises the density of clauses. As for MSCS global score, a definition or a narration context could be chosen, as both elicit comparable scores.

2.7. Conclusion

In summary, the present study showed that MLU and clause density, despite their simplicity, are valid and reliable methods to assess morphosyntactic complexity in French-speaking school-aged children. MSCS global score, although more tedious to compute, is also an adequate measure. However, MSCS average frequency and average complexity scores, even though more informative of specific components of morphosyntax, all lack validity and/or reliability. Moreover, definition generation and storytelling both seem to be appropriate contexts from which to calculate MLU, clause density, and MSCS global score in French-speaking school-aged children. Thus, these tasks could allow the computation of two language scores (i.e., a morphosyntax score in addition to a vocabulary or a narration score), which would better represent language than a single score. Further research should examine the validity and the reliability of MLU, clause density, and the DSS in individuals beyond 10 years of age and/or speaking a language other than English or Quebec French, including European French, which may slightly differ from Quebec French with regard to morphosyntax. The MSCS could also be tested among children with language impairments. Together with the present study, such investigations would guide researchers and practitioners in the choice of an appropriate method to measure language in a given population.

Chapitre 3 :
The Genetic and Environmental Etiology of the
Association Between Vocabulary and Syntax in
First Grade

3.1. Résumé

L'objectif de cette étude était d'examiner l'étiologie génétique et environnementale du vocabulaire, de la syntaxe et de leur association en première année du primaire. Plus de 550 jumeaux francophones de même sexe ont complété deux tests de vocabulaire, et deux scores de syntaxe ont été calculés à partir de leur langage spontané à 7 ans. Des analyses génétiques multivariées à facteurs latents ont montré que les habiletés lexicales étaient influencées surtout par l'environnement partagé entre les jumeaux, alors que les habiletés syntaxiques étaient influencées exclusivement par les gènes et par l'environnement unique. De plus, l'association modérée entre le vocabulaire et la syntaxe était due principalement à des facteurs génétiques communs. Ces résultats novateurs pourraient être attribuables à l'utilisation de facteurs latents et à la population étudiée. De plus amples recherches sont nécessaires pour déterminer les facteurs spécifiques impliqués dans les habiletés lexicales et syntaxiques à cette période du développement.

3.2. Abstract

This study examined the genetic and environmental etiology of vocabulary, syntax, and their association in first graders. More than 550 French-speaking same-sex twins completed two vocabulary tests, and two scores of syntax were calculated from their spontaneous speech at 7 years of age. Multivariate latent factor genetic analyses showed that lexical skills were influenced mainly by the environment shared between the twins, whereas syntactic skills were influenced exclusively by genes and unique environment. Moreover, the moderate association between vocabulary and syntax was mostly due to common genetic factors. These novel findings may be attributable to the use of latent factors and the population studied. More research is needed to determine the specific factors involved in lexical and syntactic skills at this developmental period.

3.3. Introduction

Learning language is a multi-component task for children. Among other things, they need to acquire vocabulary – make the correspondence between sounds and their meaning – in order to understand and produce intelligible words. They also need to acquire syntax – make the correspondence between the position of words and their function – in order to understand and produce intelligible sentences.

The developmental sequence of lexical and syntactic skills has been vastly studied during the last decades. A first major finding from this research is that of the great variability in linguistic skills among children at a given age (Fenson et al., 1994; Siegler, 1996). This variability can be associated with cognitive factors, such as executive functions (Joseph, McGrath, & Tager-Flusberg, 2005), memory (Lum et al., 2012), and speed of recognition (Fernald, Perfors, & Marchman, 2006), which are known to have genetic origins (Friedman et al., 2008; Wright et al., 2001), as well as environmental factors, such as socio-economic status and parenting (Pungello, Iruka, Dotterer, Mills-Koonce, & Reznick, 2009), quality of formal instruction (Burchinal et al., 2008), and peers' linguistic skills (Mashburn, Justice, Downer, & Pianta, 2009).

A second major finding from the research on the development of vocabulary and syntax has been that these skills are associated throughout childhood. Indeed, researchers have found phenotypic correlations between these two components of language ranging from .40 to .82 in toddlers (Dale et al., 2000; Dionne et al., 2003), preschoolers (Hayiou-Thomas et al., 2006), and younger (DeThorne et al., 2012) and older (Dale et al., 2010) school-aged children.

However, many questions about lexical and syntactic development remain poorly explored. First, as the mechanisms through which children acquire vocabulary and syntax are not yet completely understood, researchers still debate whether they stem mainly from genetic processes, environmental sources, or a combination of both. Indeed, whereas nativists (Chomsky, 1965; Pinker, 1994) posit that all humans are born with a specific module informing about how language should be structured, social interactionists (Snow, 1999; Vygotsky, 1978) believe that children learn language mostly through social interactions with adults. An intermediate position, emergentism (e.g., MacWhinney, 1999), postulates that genetic processes and environment sources are equally important in language development.

Furthermore, it is not clear whether vocabulary and syntax follow similar etiological patterns. For instance, genetic factors are more frequently associated with syntax than vocabulary, as illustrated by the centrality of the universal grammar hypothesis in nativism (Chomsky, 1965). By contrast, as summarized by Hoff (2006), empirical studies tend to find “larger [environmental] effects on vocabulary development than on grammatical

development” (p. 77). However, these distinct patterns may result from researchers’ focus rather than reality (e.g., nativists rarely study vocabulary), and therefore need further investigation.

On a related matter, researchers do not yet agree whether the same factors underlie vocabulary and syntax processing. For example, MacWhinney (1987) proposed a competition model whereby all components of language are governed by a single mechanism: competition between cues. Indeed, we use cues such as perceptual attributes to name objects, just as we use cues such as word order to identify the agent of verbs. However, other researchers believe that vocabulary and syntax are processed by different mechanisms. For example, Ullman’s (2004) declarative/procedural model claims that we access the pronunciation and the meaning of words through declarative memory, which is responsible for the explicit memorization of facts and events. By contrast, we would compute the regularities of language (e.g., syntactic rules) through procedural memory, which is responsible for the implicit memorization of sequences and procedures.

Finally, much of the research on oral language has focused on acquisition in young children or on processing in adults, which leaves unanswered the questions about developmental changes in the etiology of vocabulary and syntax once children begin school. Yet, linguistic skills may be greatly affected by this transition. Indeed, formal instruction has been shown to have a direct positive impact on some general cognitive skills such as short-term memory (Morrison et al., 1995), but also specifically on lexical and syntactic skills (Huttenlocher et al., 1998). Moreover, genetic factors associated with linguistic skills are thought to become increasingly influent from 7 years of age, with new genes coming into play during this period (Hayiou-Thomas et al., 2012).

In brief, while years of research on vocabulary and syntax have established the variability of and the association between these two components of language, it has also raised further questions. To address them, a few research groups have started more recently to employ twin studies to investigate the etiology of language.

3.3.1. The Twin Method

To quantify the relative contribution of genetic and environmental factors to a given skill, researchers often compare populations of MZ and DZ twins. MZ (or identical) twins share 100% of their genes, whereas DZ (or non-identical) twins share on average 50% of their genes, as do non-twin siblings. Furthermore, both MZ and DZ twins share a portion of their environment with their co-twin that fosters similarities between them (shared environment), but they also live unique experiences that make them different (unique environment).

The logic behind twin studies is that the only difference between MZ and DZ twins is the proportion of genetic similarity between the twins of a pair. Therefore, the extent to which MZ twins are more similar than DZ twins on a given trait can be logically attributed to genetic factors (A). By contrast, the extent to which both twins of a

pair are similar on a given trait, regardless of whether they are MZ or DZ twins, can be attributed to shared environmental factors (C), considering that these factors have a similar influence on both types of twins. Finally, the remaining variance can be attributed to unique environmental factors and error (E), which make both MZ and DZ twins different. It should be noted that since these three types of factors represent proportions of variance, they add up to a total of 1 when standardised.

In addition to informing as to the sources of individual differences in a given trait, twin studies also allow uncovering the sources of the association between two traits. Following the reasoning just stated, the extent to which the association between one trait in one twin and the other trait in the other twin is greater in MZ than DZ twins indicates the relative contribution of genetic factors to the association (i.e., bivariate heritability). By contrast, the extent to which one trait in one twin is associated with the other trait in the other twin, regardless of whether the twins are MZ or DZ, indicates the relative contribution of shared environmental factors to the association. Finally, the remaining covariance between the two traits can be explained by unique environmental factors and error. As the three types of factors represent proportions of covariance, they add up to a total of 1 when standardised, as for a single trait.

Furthermore, twin studies also allow calculating genetic (r_A), shared environmental (r_C), and unique environmental (r_E) correlations between two traits. Contrary to the relative contribution of genes, shared environment, and unique environment to a given trait or to the association between two traits, these correlations are not cumulative. A strong correlation indicates that the specific factors influencing one trait are largely the same as those influencing the other trait. For instance, a strong genetic correlation between two traits would mean that most of the genes influencing the two traits are the same.

3.3.2. Previous Twin Studies in Toddlers

In the early 2000s, a group of researchers used parental questionnaires to study the etiology of the productive linguistic skills of British toddlers (2-3-year-olds). They observed that both vocabulary and syntax were influenced mainly by shared environmental factors ($cs^2 = .46-.84$). However, when they compared the two components of language, distinct patterns emerged: Vocabulary was more influenced by shared environment than syntax ($cs^2 = .69-.84$, for vocabulary; $cs^2 = .46-.56$, for syntax), and syntax was more influenced by genes ($as^2 = .10-.25$, for vocabulary; $as^2 = .29-.42$, for syntax) and unique environment ($es^2 = .03-.07$, for vocabulary; $es^2 = .12-.19$, for syntax) than vocabulary (Dale et al., 2000; Dionne et al., 2003).

Moreover, Dale et al. (2000) showed that the phenotypic covariance ($r = .66$) between vocabulary and syntax at age 2 years could be explained mainly by shared environmental factors ($c^2 = .69$). In other words, if toddlers'

lexical and syntactic skills are strongly associated, it is likely due to an exposition to environmental influences that make children of a same family more similar.

Furthermore, although genetic factors were found to influence vocabulary, syntax, and their association to a lesser extent than shared environmental factors, researchers discovered that the two components of language mostly implicated the same genes ($r_{SA} = .61-.89$). They also observed that the shared environmental factors underlying toddlers' lexical and syntactic skills greatly overlapped ($r_{SC} = .54-.78$). However, unique environmental sources of influence were shown to be distinct for vocabulary and syntax ($r_{SE} = .07-.25$; Dale et al., 2000; Dionne et al., 2003).

Overall, previous twin studies in toddlers have revealed that shared environment plays a crucial role in explaining individual differences in linguistic skills, but that vocabulary and syntax present somewhat different etiological patterns at this period of development. Moreover, they suggest that the specific genetic and shared environmental factors influencing lexical skills are largely the same as those influencing syntactic skills. However, as the relative sources of influence on language may change over time, additional studies have been conducted in older children.

3.3.3. Previous Twin Studies in Older Children

Studies conducted in preschoolers (4-5-year-olds) led to somewhat different conclusions than studies conducted in toddlers. Taken together, they suggest that children's lexical and syntactic skills, as assessed directly with receptive and productive tasks, are influenced by genetic, shared environmental, and unique environmental factors equally ($as^2 = .29-.53$, $cs^2 = .09-.60$, $es^2 = .08-.50$). However, results vary greatly across studies and across measures: Whereas Kovas et al. (2005), who studied British children using numerous individual measures, found low contributions of shared environment for both vocabulary ($cs^2 = .09-.13$) and syntax ($cs^2 = .21-.26$), Samuelsson et al. (2005), who studied American, Australian, and Scandinavian children using latent factors, found high contributions of shared environment for both vocabulary ($c^2 = .60$) and syntax ($c^2 = .59$).

Regarding the association between the two components of language, no study has yet examined, to our knowledge, the relative contribution of genes, shared environment, and unique environment in preschoolers. Furthermore, the only set of genetic correlations available in the literature for this age group indicated a substantial overlap between the genetic factors involved in vocabulary and syntax in British children ($r_{SA} = .39-.86$; Hayiou-Thomas et al., 2006), but no shared nor unique environmental correlations were reported.

To our knowledge, only two twin studies have examined the etiology of lexical and syntactic skills among school-aged children. First, DeThorne et al. (2012; see also DeThorne et al., 2008) assessed the productive

vocabulary and the productive syntax of American 7- and 8-year-olds using three measures computed from spontaneous speech (one for vocabulary and two for syntax). The authors showed that both lexical and syntactic skill were mostly influenced by genes and unique environment ($as^2 = .24-.55$, $cs^2 = .00-.06$, $es^2 = .45-.71$, for vocabulary; $as^2 = .08-.53$, $cs^2 = .00-.30$, $es^2 = .39-.64$, for syntax), although the estimates varied across measures and ages. However, they did not investigate the underlying association between the two components of language.

Second, Dale et al. (2010) assessed the receptive vocabulary and the receptive syntax of British 12-year-olds using two web-based measures (one for vocabulary and one for syntax). Like DeThorne et al. (2012), they found that individual differences in both components of language were accounted for mainly by genetic and unique environmental factors ($a^2 = .30$, $c^2 = .13$, $e^2 = .58$, for vocabulary; $a^2 = .30$, $c^2 = .15$, $e^2 = .54$, for syntax). Moreover, while they did not report the relative contribution of genes, shared environment, and unique environment to the association between lexical and syntactic skills, they observed strong genetic ($r_A = .71$) and shared environmental ($r_C = .86$) correlations between the two skills, suggesting common influential factors, but no significant unique environmental correlation ($r_E = .12$).

Overall, previous twin studies in preschoolers and school-aged children have revealed that genes and unique environment play a crucial role in explaining individual differences in linguistic skills, and that vocabulary and syntax present similar etiological patterns at this period of development. Moreover, as was the case in toddlers, they suggest that the genetic and shared environmental factors influencing lexical skills are largely the same as those influencing syntactic skills.

3.3.4. The Present Study

In sum, the etiology of lexical and syntactic skills appears to shift from mainly shared environmental influences in the first years of life (Dale et al., 2000; Dionne et al., 2003) to genetic and unique environmental influences later in development (Dale et al., 2010; DeThorne et al., 2012). In addition, whereas vocabulary and syntax show somewhat different etiological patterns in toddlerhood, with vocabulary tending to be driven more by shared environment, and syntax, more by genes and unique environment (Dale et al., 2000; Dionne et al., 2003), the influences on the two components of language seem to be similar during the preschool and school years (Dale et al., 2010; DeThorne et al., 2012; Kovas et al., 2005; Samuelsson et al., 2005). Furthermore, the phenotypic covariance between lexical and syntactic skills was found to be explained mainly by shared environmental factors in toddlers (Dale et al., 2000), and the specific genetic and shared environmental factors responsible for individual differences were shown to be similar across components of language in 2-3-year-olds (Dale et al., 2000; Dionne et al., 2003), 4-5-year-olds (Hayiou-Thomas et al., 2006), and 12-year-olds (Dale et al., 2010).

However, even though these findings answer some of the questions raised previously, some unaddressed issues remain. First, as illustrated by the divergent findings of Kovas et al. (2005) and Samuelsson et al. (2005) in preschoolers, the use of latent factors may have an impact on the etiological patterns reported. Indeed, latent factors take into account only what is common to different measures, and so exclude specific measurement error, freeing more variance to be explained by genetic and environmental factors. As both cited studies conducted with school-aged children only used individual measures of vocabulary and syntax (Dale et al., 2010; DeThorne et al., 2012), the important role the authors attributed to unique environment – which includes error – could mask greater contributions of genes or shared environment.

Second, to our knowledge, no study has yet investigated the association between vocabulary and syntax in children who have recently begun formal instruction. Indeed, DeThorne et al. (2008, 2012) only reported estimates for the two components of language separately. However, as discussed earlier, school entry is an important transition during which several genetic and cognitive changes occur (Hayiou-Thomas et al., 2012; Huttenlocher et al., 1998; Morrison et al., 1995), hence the importance of studying children during this period.

Third, all cited studies but one (Samuelsson et al., 2005) examined English-speaking children only. However, language learning may vary across languages. For instance, Thordardottir (2005) has shown that French-speaking toddlers had higher syntactic skills but lower lexical skills than English-speaking toddlers of the same age. Thus, it is possible that the etiology of vocabulary and syntax varies across these languages.

Therefore, the objective of this study is to use latent factors to examine the relative contribution of genes and environment to lexical and syntactic skills, as well as to the association between the two components of language in French-speaking first graders.

3.4. Method

3.4.1. Participants

Participants came from the Quebec Newborn Twin Study (QNTS). Parents of all twins born without any major complication in the greater Montreal area (Quebec, Canada) between April 1995 and December 1998 were contacted to take part to the QNTS. The twins whose parents gave their consent have been assessed annually on cognitive, behavioural, social, and environmental components of their development starting at age 6 months (initial $N = 622$ pairs; see Boivin et al., 2013, for more details). Ethical approval was obtained before each data collection. In the present study, we analyzed data collected when the twins were 7 years old ($M = 7.08$, $SD = 0.27$, $N = 476$ pairs). Only French-speaking same-sex twins were included (142 male pairs and 146 female pairs). Most of these twins had a mother with a bachelor's degree, and mother's education level was

comparable for MZ and DZ twins, $\chi^2(8) = 4.32$, $p = .83$. The exact number of participants for each language measure is presented in Table 3.1.

3.4.2. Procedure

When participants were in Grade 1, they completed the Vocabulary subtest of the French version of the WISC-III (Wechsler, 1991) and the French version of the Peabody Picture Vocabulary Test (PPVT-R; Dunn, Thériault-Whalen, & Dunn, 1993). Furthermore, participants' answers to the WISC were recorded and transcribed by four trained assistants and the first author, who also revised all of the transcripts. Then, MLU (Brown, 1973) and clause density (Scott & Stokes, 1995) were calculated from the transcripts.

3.4.3. Materials

3.4.3.1. Vocabulary

The Vocabulary subtest of the WISC assesses 6- to 17-year-old children's receptive vocabulary by asking them to define a list of 30 words. Score is determined by the accuracy of the definitions provided: 0 point is assigned to an incorrect answer, 1 point is assigned to a partially correct answer, and 2 points are assigned to a completely correct answer (maximum total score = 60). The task ends after four consecutive scores of 0. Inter-rater reliability is good for this measure, with an intra-class correlation coefficient of .98 (Wechsler, 1991). Raw scores were used in the present study.

The PPVT assesses 2 ½- to 18-year-old children's receptive vocabulary by asking them to choose, out of a set of four black and white pictures, the one that best describes a word. It includes 170 words, each worth 1 point (maximum total score = 170). The task ends after the occurrence of six errors out of eight items. Stability is good for this measure, with a test-retest correlation coefficient of .84 (Bracken & Murray, 1984). Raw scores were used in the present study.

3.4.3.2. Syntax

MLU is a measure of productive syntax. In this study, it was calculated by dividing the total number of words by the total number of utterances. An utterance was defined as a sentence containing minimally a subject and a verb, and possibly one or more coordinate and/or subordinate clauses. A sequence of words that was not a sentence but that was separated from the rest of speech by pauses of at least one second was also considered as an utterance. However, hesitations or reflection pauses within a sentence did not divide the sentence into more than one utterance (Rondal, 1997).

To make sure MLU was not artificially inflated, a maximum of two coordinate clauses were kept for each utterance. Any additional coordinate clause was considered as a new utterance (Lee, 1974). Moreover, groups of words and expressions considered as a single unit (e.g., *parce que* [because]) were counted as only one

word (Thordardottir, 2005). Finally, utterances of only one uninflected word were not included in the calculation of MLU (Rondal, 1997), as well as utterances that were unintelligible or that contained an unintelligible segment, repeated utterances (Lee, 1974), and utterances not related to the task.

MLU has been shown to be a valid and reliable measure to assess French-speaking school-aged children's syntactic skills (Mimeau, Plourde, Ouellet, & Dionne, 2015). In the present study, it was calculated by five different raters, and scores for 30 participants were calculated by all five of them. The intra-class correlation coefficient was .998.

Clause density is a measure of productive syntax. In this study, it was calculated by dividing the total number of independent and dependent clauses by the number of independent clauses. A dependent clause was defined as a clause that is embedded in an independent clause. Thus, relative clauses (e.g., *It's an animal that lives in water*), noun clauses (e.g., *I think that it means funny*), and adverbial clauses (e.g., *You take an umbrella when it's raining*) were counted as dependent clauses. However, non-embedded clauses (e.g., *It's like a fish*), coordinate clauses (e.g., *You look at it and it tells you time*), and utterances with no inflected verb (e.g., *To leave someone*) were counted as independent clauses. As an example, the utterance *It means that it's old* would receive a score of 2 because it has one independent clause (*It means*) and one dependent clause (*that it's old*). Segmentation and exclusion of utterances were based on the criteria described previously.

Clause density has been shown to be a valid and reliable measure to assess French-speaking school-aged children's syntactic skills (Mimeau et al., 2015). In the present study, it was calculated by two different raters, and scores for 30 participants were calculated by both of them. The intra-class correlation coefficient was .99.

3.4.4. Statistical Analysis

3.4.4.1. Data preparation

WISC score, PPVT score, MLU, and clause density were all distributed normally. To make sure that the sample of 7-year-olds was representative of all the QNTS participants, earlier language scores of the twins who participated in the study at 7 years of age were compared with earlier language scores of the twins who did not participate at that age. Language scores were computed at 2 ½ years of age from an abbreviated version of the MCDI (Fenson et al., 2000). Differences between the two groups of participants were examined in SPSS 22 with two generalised estimating equations (for receptive and productive vocabulary) and one chi-square test (for productive syntax), using the Huber–White robust sandwich estimator for standard errors to control for the non-independence of the observations. The differences were not significant for any of the

scores tested (p s > .15, N = 793-812), which indicates that the participants included in the present study are representative of the QNTS.

Since both twins of a pair share the same age and the same sex (only MZ twins and same-sex DZ twins were included in the study), similarities among twins of a same family may be overestimated (McGue & Bouchard, 1984). Therefore, all scores were corrected for age and sex and the resulting standardized residuals were used in the genetic and factor analyses. The syntactic scores of one participant were excluded from the analyses, as they were more than 7 standard deviations from the mean. Furthermore, Little's test indicated that missing data (less than 4% for every measure) were missing completely at random, $\chi^2(11) = 11.78$, $p = .38$, so the full information maximum likelihood method was used in the genetic and factor analyses to handle missing data.

3.4.4.2. Univariate genetic analyses

To investigate the sources of individual differences in vocabulary and syntax, univariate genetic analyses were performed on the four measures with Mplus 7.11 (see Appendix B for formulas).

3.4.4.3. Confirmatory factor analysis

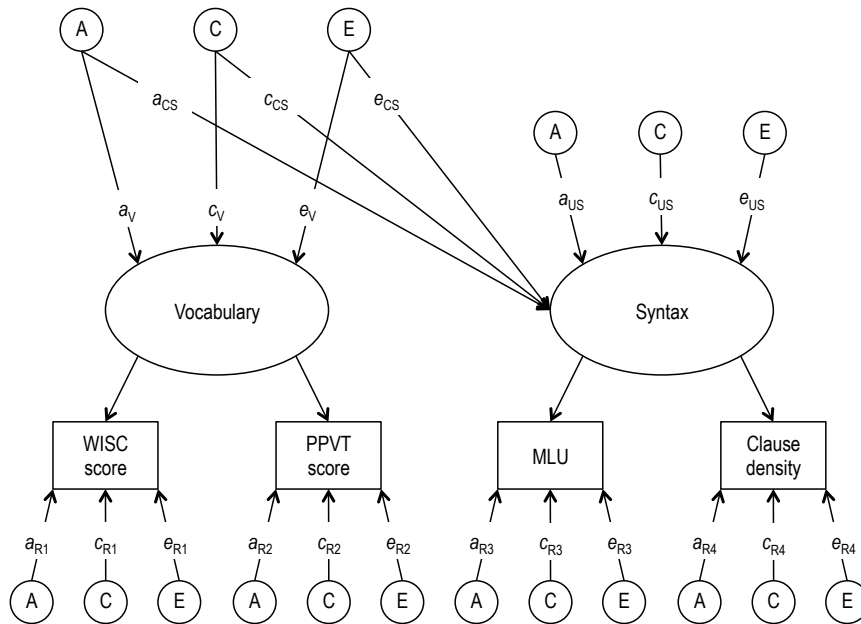
To determine whether WISC score and PPVT score could be grouped within a Vocabulary factor, and MLU and clause density within a Syntax factor, a confirmatory factor analysis with an Oblimin rotation was performed with Mplus 7.11.

3.4.4.4. Multivariate latent factor genetic analyses

To investigate the sources of the association between vocabulary and syntax, a Cholesky decomposition model was performed with Mplus 5.2, as illustrated in Figure 3.1a (see Appendix B for formulas). In this model, genes, shared environment, and unique environment explaining the total variance in vocabulary are represented by A, C, and E, respectively, above the Vocabulary latent factor. Genes, shared environment, and unique environment explaining the total variance in syntax are represented (a) by A, C, and E, respectively, above the Vocabulary latent factor for the variance common to vocabulary, and (b) by A, C, and E, respectively, above the Syntax latent factor for the variance unique to syntax. Moreover, genes, shared environment, and unique environment explaining the residual variance not accounted for by the latent factors are represented by A, C, and E, respectively, below each measured variable.

Then, a correlated factors model was derived from the Cholesky decomposition model, as illustrated in Figure 3.1b (see Appendix B for formulas). In this model, the different sources explaining the total variance in syntax are combined above the Syntax latent factor in order to allow the calculation of correlations between the sources of influence of vocabulary and syntax.

a.



b.

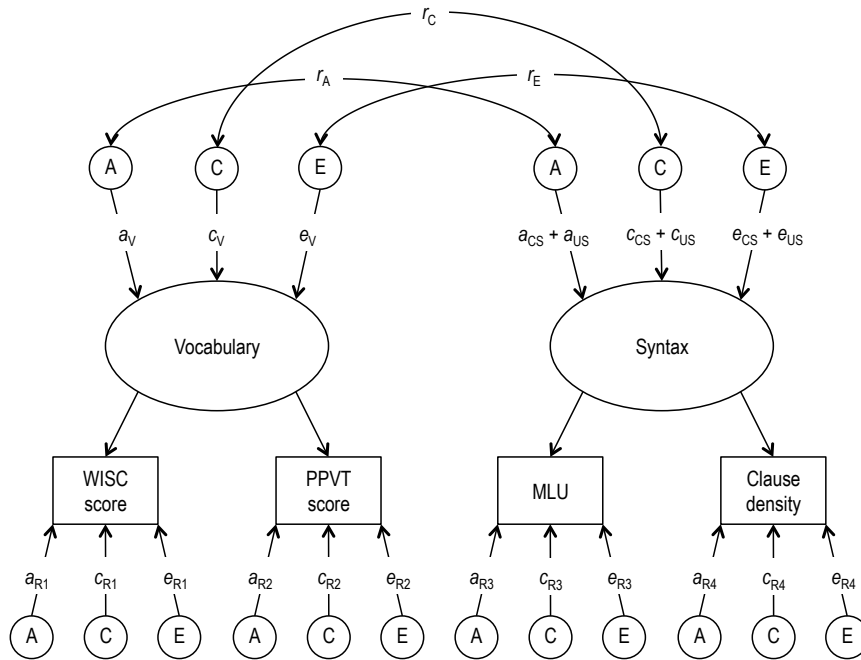


Figure 3.1. Schematic representation of the Cholesky decomposition model (a) and of its derived correlated factors model (b) for vocabulary and syntax. A = additive genetic factors; C = shared environmental factors; E = unique environmental factors and error; V = total variance in the Vocabulary factor; CS = variance in the Syntax factor that is common to the Vocabulary factor; US = variance in the Syntax factor that is unique to the Syntax factor; WISC = Vocabulary subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children; PPVT = Peabody Picture Vocabulary Test; MLU = mean length of utterance; R = residual variance.

3.5. Results

3.5.1. Phenotypic Analyses

Means, standard deviations, and number of participants for the two measures of vocabulary and the two measures of syntax are presented as a function of zygosity (MZ or DZ) in Table 3.1. No differences were found between the two groups for any measure when controlling for the non-independence of the observations ($ps > .10$).

Table 3.2 shows the phenotypic correlations between the four measures for all participants. Both within-component (within-vocabulary and within-syntax) correlations were strong, whereas vocabulary-syntax correlations were modest to moderate.

3.5.2. Univariate Genetic Analyses

Table 3.3 shows the intra-class correlations, the standardized a , c , and e parameter estimates, and the model fit indices for all measures. Regarding vocabulary, for both WISC and PPVT scores, the intra-class correlations were stronger within MZ than within DZ twin pairs, but moderate to strong in both types of twins. Therefore, contributions of genes, shared environment, and unique environment were expected. Indeed, for both measures, a , c , and e parameter estimates were significant ($ps < .001$). The three types of factors each explained approximately a third of the variance in WISC score. Genetic factors explained about half of the variance in PPVT score, and shared and unique environmental factors each explained about a quarter of the variance.

Regarding syntax, the intra-class correlations for MLU and clause density were also stronger within MZ than within DZ twin pairs, but they were overall much lower than for vocabulary. Therefore, contributions of genes and unique environment, but not of shared environment, were expected. Indeed, for both measures, a and e parameter estimates were significant ($ps < .001$), and c was equal to 0 ($ps > .999$). Genetic and unique environmental factors each explained approximately half of the variance in MLU. Genetic factors explained about a quarter of the variance in clause density, and unique environmental factors explained the remaining variance.

3.5.3. Confirmatory Factor Analysis

The confirmatory factor analysis revealed that WISC score (factor loading = .90) and PPVT score (factor loading = .61) could be grouped within a Vocabulary factor, and that MLU (factor loading = .82) and clause density (factor loading = .85) could be grouped within a Syntax factor. Indeed, the fit of the model was excellent: $\chi^2(1) = 0.99$, $p = .32$, CFI = 1.00, RMSEA = .00.

Table 3.1

Means, Standard Deviations, and Number of Participants for Vocabulary (WISC and PPVT Scores) and Syntax (MLU and Clause Density) as a Function of Zygosity

	MZ			DZ		
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>
WISC score	12.50	4.79	336	12.47	5.25	232
PPVT score	87.73	16.89	333	85.45	16.72	229
MLU	7.24	2.04	328	7.26	2.01	227
Clause density	1.39	0.23	328	1.36	0.21	227

Note. WISC = Vocabulary subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children; PPVT = Peabody Picture Vocabulary Test; MLU = mean length of utterance; MZ = monozygotic twins; DZ = dizygotic twins.

Table 3.2

Phenotypic Correlations Between Vocabulary (WISC and PPVT Scores) and Syntax (MLU and Clause Density)

	WISC score	PPVT score	MLU	Clause density
WISC score	–			
PPVT score	.57***	–		
MLU	.37***	.26***	–	
Clause density	.38***	.24***	.70***	–

Note. WISC = Vocabulary subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children; PPVT = Peabody Picture Vocabulary Test; MLU = mean length of utterance.

*** $p < .001$.

Table 3.3

MZ and DZ Intra-Class Correlations and Number of Pairs, Standardized a, c, and e Parameter Estimates, and Model Fit Indices for Vocabulary (WISC and PPVT Scores) and Syntax (MLU and Clause Density)

	MZ		DZ		a^2 [95% CI]	c^2 [95% CI]	e^2 [95% CI]	χ^2	df	p	CFI	RMSEA
	ICC [95% CI]	n	ICC [95% CI]	n								
WISC score	.63 [.54, .72]	170	.47 [.31, .64]	117	.38 [.08, .69]	.26 [-.01, .53]	.36 [.27, .44]	3.50	6	.74	1.00	.00
PPVT score	.77 [.70, .84]	171	.50 [.24, .76]	116	.51 [.24, .78]	.26 [.00, .52]	.23 [.17, .29]	11.19	6	.08	.97	.08
MLU	.44 [.31, .57]	170	.16 [-.04, .36]	116	.42 [.30, .54]	.00 [.00, .00]	.58 [.46, .70]	3.67	6	.72	1.00	.00
Clause density	.31 [.18, .44]	170	.01 [-.20, .23]	116	.27 [.14, .40]	.00 [.00, .00]	.73 [.60, .86]	7.59	6	.27	.89	.04

Note. MZ = monozygotic twins; DZ = dizygotic twins; WISC = Vocabulary subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children; PPVT = Peabody Picture Vocabulary Test; MLU = mean length of utterance; ICC = intra-class correlation; CI = confidence interval; a^2 = proportion of variance explained by additive genetic factors; c^2 = proportion of variance explained by shared environmental factors; e^2 = proportion of variance explained by unique environmental factors and error.

3.5.4. Multivariate Latent Factor Genetic Analyses

In accordance with the univariate analyses, the multivariate latent factor analyses (see Figure 3.2) indicated that a , c , and e parameter estimates were significant for the Vocabulary latent factor ($ps < .001$), whereas only a and e parameter estimates were significant for the Syntax latent factor ($ps < .001$ for common a and unique e). Shared environmental factors explained about half of the variance in vocabulary, and genetic factors explained most of the remaining variance. Genetic and unique environmental factors each explained approximately half of the variance in syntax. Concerning measure-specific residual parameter estimates, a was significant for PPVT score and MLU ($ps < .001$), c was not significant for any measure ($ps > .54$), and e was significant for all measures ($ps < .001$), which indicates that the latent factors accounted for all the genetic variance in WISC score and clause density and for all the shared environmental variance in all measures.

Moreover, the multivariate latent factor analyses indicated that 73% of the association between the Vocabulary and the Syntax latent factors ($r = .37$) could be accounted for by genetic factors ($p < .001$), 20% by shared environmental factors ($p = .25$), and 7% by unique environmental factors ($p = .28$). As shown, the contributions of the environmental factors were not significant. The correlated factors model also indicated that the genetic and the shared environmental correlations between vocabulary and syntax were perfect ($ps < .001$), while the unique environmental correlation was not significant ($p = .27$), indicating that the genetic and shared environmental factors influencing vocabulary and syntax are identical, but that the unique environmental factors influencing the two components of language are mostly distinct.

3.6. Discussion

3.6.1. The Etiology of Vocabulary and Syntax

The first aim of this study was to examine the etiology of lexical and syntactic skills in French-speaking first graders using multiple measures grouped into latent factors. The genetic analyses performed revealed that at 7 years of age, linguistic skills, as most psychological traits, were influenced both by genetic and environmental factors ($as^2 = .28-.52$; $cs^2+es^2 = .48-.72$). This finding, which is in accordance with those of previous twin studies (Dale et al., 2000, 2010; Dionne et al., 2003; DeThorne et al., 2008, 2012; Kovas et al., 2005; Samuelsson et al., 2005), corresponds well to emergentist views (e.g., MacWhinney, 1999), according to which language development results from a combination of effects from genes and environment.

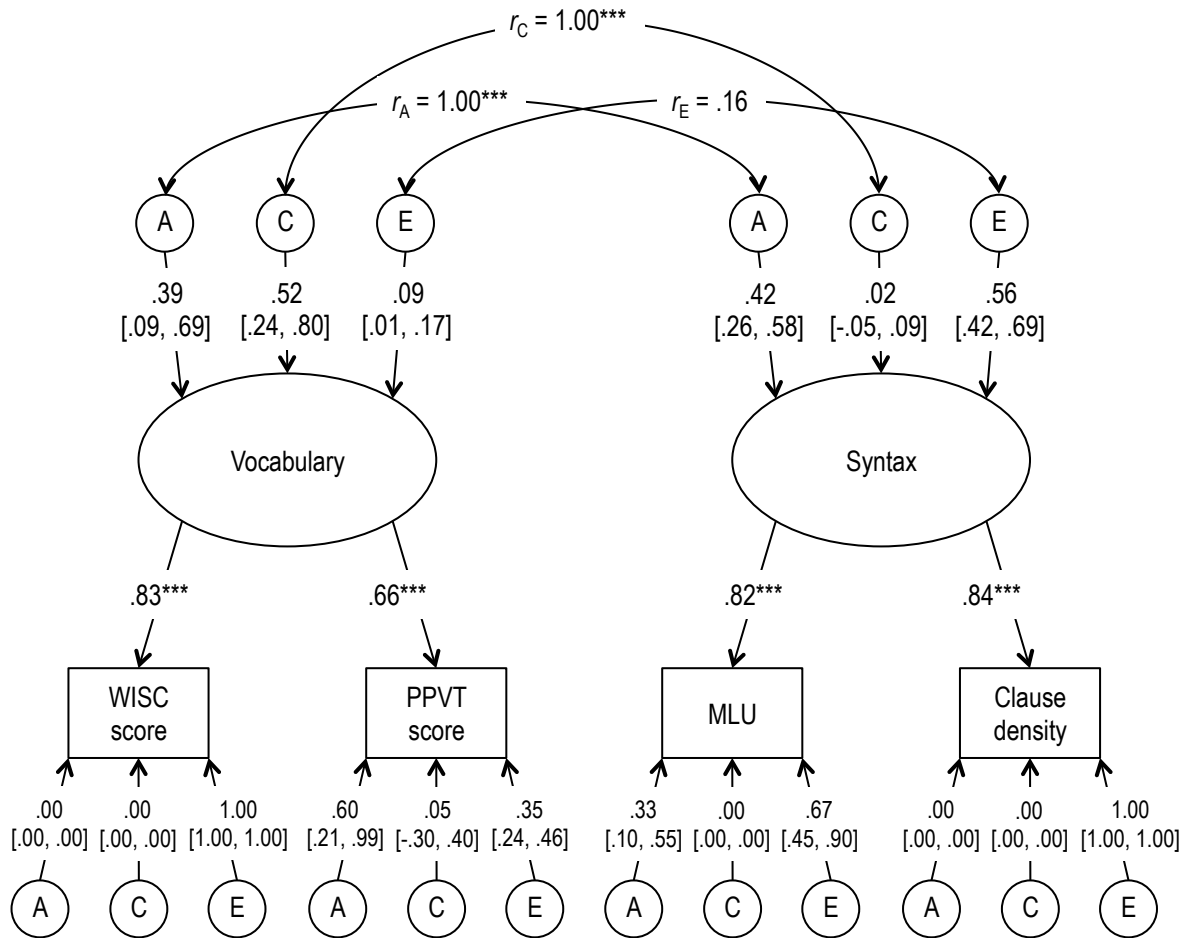


Figure 3.2. Correlated factors model of vocabulary and syntax with standardized parameter estimates [and 95% confidence intervals]. The following parameters were fixed to 0 to improve the model's fit: a_{US} , c_{US} , a_{R1} , c_{R1} , c_{R3} , a_{R4} , c_{R4} (see Figure 3.1). Full model's fit: $\chi^2(65) = 94.69$, $p = .01$, AIC = 5419.03, BIC = 5503.28, CFI = .97, RMSEA = .06. Final model's fit: $\chi^2(72) = 94.69$, $p = .04$, AIC = 5405.03, BIC = 5463.64, CFI = .98, RMSEA = .05. A = additive genetic factors; C = shared environmental factors; E = unique environmental factors and error; WISC = Vocabulary subtest of the Wechsler Intelligence Scale for Children; PPVT = Peabody Picture Vocabulary Test; MLU = mean length of utterance.

*** $p < .001$.

More interestingly, even though the relative contribution of genes and environment to vocabulary and syntax was comparable ($as^2 = .38-.51$; $cs^2+es^2 = .49-.62$, for vocabulary; $as^2 = .27-.42$; $cs^2+es^2 = .58-.73$, for syntax), we found differences in the type of environment at play: Shared environmental factors influenced vocabulary, but not syntax ($cs^2 = .26-.52$, for vocabulary; $cs^2 = .00-.02$, for syntax), whereas unique environmental factors (and error) influenced syntax more than vocabulary ($es^2 = .09-.36$, for vocabulary; $cs^2 = .56-.73$, for syntax). This finding converges with those of researchers studying toddlers (Dale et al., 2000; Dionne et al., 2003). Unexpectedly, however, it contrasts with previous findings on school-aged children, which indicated an equally modest contribution of shared environment to the two components of language (Dale et al., 2010; DeThorne et al., 2012).

One possible explanation regarding this discrepancy may be that the tasks used in this study only assessed receptive vocabulary and expressive syntax. Therefore, the differences in etiology assumed to be between two components of language (vocabulary and syntax) could in reality be between two modalities (receptive and expressive). However, this explanation seems implausible, as previous studies examining school-aged children's receptive (Dale et al., 2010) and expressive (DeThorne et al., 2012) language reached comparable conclusions (i.e., a modest contribution of shared environment). Moreover, receptive and expressive linguistic skills are generally strongly correlated throughout the lifespan (Smith, 1997).

Another possibility is that the different etiological patterns of vocabulary and syntax may reflect the different types of measures. Indeed, both measures of vocabulary were standardised tests, whereas both measures of syntax were analyses of spontaneous speech. Since the latter need to be calculated from a limited number of utterances, they offer a narrow representation of a child's abilities, much influenced by timing and context. This could increase measurement error, which might explain the high contribution of E to syntax. However, DeThorne et al. (2008) showed that lexical and syntactic measures of spontaneous speech were influenced by the same factors of unique environment and error as those influencing standardised lexical measures (unique $e^2 = .00$). Yet, the authors also found that the contribution of E was slightly higher for measures of spontaneous speech ($es^2 = .33-.63$) than for standardised measures ($es^2 = .13-.55$). This last finding leaves open the possibility that the different environmental influences observed for vocabulary and syntax in the present study are caused by differences in measurement error.

Alternatively, the novel finding that shared environment contributes substantially to vocabulary in school-aged children may be explained by the use of a latent factor to represent vocabulary in the present study. Indeed, DeThorne et al. (2012) assessed this component of language with a single measure of lexical diversity, and Dale et al. (2010) assessed it with a single measure adapted from the Vocabulary subtest of the WISC. The reason why latent factors may increase the contribution of shared environment is that they exclude specific

measurement error and by consequence, they free more variance to be explained by relevant sources of influence – such as shared environmental factors. In fact, this assumption is supported by our own results, with shared environmental factors tending to play a greater role in vocabulary in the multivariate latent factor analyses ($c^2 = .52$) compared with the univariate analyses ($cs^2 = .26$).

Another explanation that should be considered is that this study examined French-speaking children, while all previous twin studies but one (Samuelsson et al., 2005) examined English-speaking children. Since vocabulary seems to be acquired at a slightly slower rate in French (Thordardottir, 2005; see also Bornstein, Cote, et al., 2004, and <http://www.cdi-clex.org>), it could be that shared environment continues to contribute to French learners' lexical skills during the school years whereas it no longer does for English learners. This hypothesis is consistent with Hayiou-Thomas et al.'s (2012) finding that shared environmental influences decrease as children increase their mastery of language. Regarding Samuelsson et al.'s (2005) study, which included Norwegian- and Swedish-speaking preschoolers (combined with English-speaking preschoolers), the contribution of shared environment to vocabulary was also important ($c^2 = .60$). However, it is not clear whether vocabulary is acquired at different rates in Scandinavian languages and English. It should also be mentioned that the authors, as in the present study, used a latent factor, making it impossible to distinguish the source of their (and our) distinctive finding.

That being said, the different etiological patterns of vocabulary and syntax are perhaps unsurprising. Indeed, some studies, although conducted with preschoolers, showed that certain family practices such as shared reading predicted lexical skills better than syntactic skills (Lever & Sénéchal, 2011; Sénéchal, Pagan, Lever, & Ouellette, 2008). This finding could clarify why shared environment – which is often deemed to include family practices – has a greater influence on vocabulary than syntax. However, further research is needed to confirm exactly which environmental factors operate in school-aged children.

3.6.2. The Etiology of the Association Between Vocabulary and Syntax

The second aim of this study was to examine the etiology of the association between lexical and syntactic skills in French-speaking first graders. On the one hand, the multivariate latent factor genetic analyses performed revealed that at 7 years of age, 73% of the association between the two components of language could be accounted for by genetic factors, with only a minimal contribution of the environment. This finding is, to our knowledge, the first empirical evidence that school-aged children's lexical and syntactic skills are associated mainly through common genetic influences, contrary to toddlers' skills, which are associated mainly through common shared environmental influences (Dale et al., 2000). Still, this result does not come as a surprise, given the increasing contribution of genes to language across development. This etiological change could be attributed to a homogenisation of the environment during the school years, "leav[ing] more room for

genetic factors to drive differences in the phenotype” (Hayiou-Thomas et al., 2012, p. 245). On the other hand, the multivariate latent factor genetic analyses performed also revealed that the specific genetic factors responsible for individual variations in vocabulary and syntax were identical ($r_A = 1.00$), which is in accordance with the high genetic correlations reported previously at different time points (Dale et al., 2000, 2010; Dionne et al., 2003; Hayiou-Thomas et al., 2006).

Taken together, these findings suggest that similar genetic mechanisms are at play when children process vocabulary and syntax shortly after entering school. This is consistent with the idea of a single mechanism of acquisition for all the components of language (MacWhinney, 1987), but less consistent with the proposal that lexical and syntactic skills are learned through different memory systems (Ullman, 2004), assuming that these systems stem from different genes. Some genes that could be involved in both lexical and syntactic skills have been identified. For instance, in members of families at risk for SLI, the genes *KIAA0319*, *CNTNAP2*, *ATP2C2*, and *CMIP* were found to be associated with general linguistic skills (Newbury et al., 2011). More broadly, Plomin and Kovas (2005) proposed that generalist genes, that is, “all-purpose” genes, operate on cognition at different levels of proficiency (e.g., ability vs. disability), in different domains (e.g., language vs. mathematics), and in different components of a same domain (e.g., vocabulary vs. syntax). However, variance in identified genes accounts only for a small portion of variance in linguistic skills, despite the substantial contribution of genetic factors estimated in twin studies, which indicates that many genes still need to be discovered (Bishop, 2009). Therefore, one alternative way to address the question of why lexical and syntactic skills are associated is to find which lower-level general cognitive mechanisms – which are partly specified by genes – are involved in both components of language.

One potential candidate known to be influenced by genes (Friedman et al., 2008; Wright et al., 2001) is working memory. This memory system allows mental retention of verbal information for a short period of time by repeating it through its phonological loop (Baddeley, Gathercole, & Papagno, 1998). Adams and Gathercole (2000) observed that 4-year-olds with better working memory skills produced words and syntactic constructions that were more diverse than those produced by children with poor working memory skills, which points out the close association between working memory and both lexical and syntactic skills. A study of English-speaking adults learning Welsh yielded a comparable conclusion (Ellis & Sinclair, 1996). Indeed, it showed that participants who repeated the target words and utterances during learning were better at translating them from English to Welsh than participants who occupied their working memory with articulatory suppression (counting from 1 to 5 repeatedly) during learning. These findings also suggest that working memory plays a fundamental role in both vocabulary and syntax, because learning of both words and utterances was reduced when working memory was made unavailable.

Another general cognitive mechanism with a possible genetic basis (Lobo, Karsten, Gray, Geschwind, & Yang, 2006; Ullman, 2004) that could explain the persistent genetic association between vocabulary and syntax is statistical learning. Statistical learning (also referred to as sequential learning, procedural memory, or implicit memory) is the ability to capture the transitional probabilities of sequences. For instance, as the sound /beɪ/ is very often followed by the sound /bi/ in the speech babies hear, they can figure out, using statistical learning, that these sounds belong together and create the word *baby* (Saffran, Aslin, & Newport, 1996). In a study of artificial language learning, Saffran and Wilson (2003) observed that infants could segment a continuous speech stream into words but also extract syntactic rules from it. These findings, although in contradiction with Ullman's declarative/procedural model, suggest that infants use transitional probabilities to learn both vocabulary and syntax, highlighting the central role of statistical learning in the two components of language. Furthermore, the same research group (Evans, Saffran, & Robe-Torres, 2009) showed that school-aged children with a SLI, which affects both lexical and syntactic skills, presented deficiencies in statistical learning tasks compared with typically developing children. The authors proposed that poor statistical learning skills might underlie the language delays observed in SLI, but statistical learning might contribute to individual differences in lexical and syntactic skills in the general population as well.

Still, even if working memory and statistical learning could explain why vocabulary and syntax are associated and accounted for by the same genes, more research is needed to clarify whether this applies to different age groups and populations. Researchers should also investigate which other cognitive mechanisms may be at the core of different components of language, and molecular research should be continued in the hope of finding additional genes involved in language development.

3.6.3. Limitations of the Present Study

Some limitations of this study need to be acknowledged. First, compared with other twin studies (e.g., Dale et al., 2010, $N = 8638$; Samuelsson et al., 2005, $N = 1254$), the number of participants included in this study is rather small ($N = 555-568$). This could have reduced statistical power in our analyses, and could explain the non-significance of some parameter estimates. The exclusion of opposite-sex twins also made it impossible to investigate some relevant questions such as differences between boys and girls in the etiology of lexical and syntactic skills.

Second, it should be recalled that the measures we used were not entirely independent. Indeed, both measures of syntax were computed from the answers the children gave in the WISC, which was used as a measure of vocabulary. However, we are confident that all of our measures captured different aspects of language, as indicated by the different etiological patterns they yielded in the univariate analyses (see Table 3.3) and by the presence of residual variance in the multivariate analyses (see Figure 3.2).

Finally, as stated previously, our two measures of vocabulary assessed receptive language (although some would argue that the Vocabulary subtest of the WISC assesses productive language) with standardised tests, while our two measures of syntax assessed productive language with analyses of spontaneous speech. In future studies, researchers should include a better-balanced combination of receptive, productive, standardised, and spontaneous speech measures if possible.

3.7. Conclusion

In summary, the present study showed that during the critical period of school entry, children's processing of words is associated with, yet distinct from their processing of utterances. Indeed, lexical and syntactic skills were found to share the same genetic factors of influence, but the contribution of environmental factors varied from one component of language to another, supporting MacWhinney's (1987, 1999) view that language is learned by a single mechanism but influenced by multiple sources. Although this study fills a gap in the literature regarding the association between vocabulary and syntax in school-aged children, further research is needed to determine exactly which factors are involved in language at this developmental period.

Chapitre 4 :

Conclusion

4.1. Les avancées dans le domaine de la morphosyntaxe

L'objectif général de la thèse était d'étudier les habiletés morphosyntaxiques des enfants francophones d'âge scolaire. Cette étude a été élaborée en réponse à la prédominance des études sur les habiletés langagières des jeunes enfants anglophones. En effet, bien que ces études abondent, l'âge scolaire est également une période développementale cruciale, durant laquelle les habiletés langagières continuent de se développer sous l'influence d'un nouvel environnement. De plus, bien que le français et l'anglais partagent certaines ressemblances, ces langues présentent aussi des différences importantes, notamment sur le plan de la morphologie. Il est donc essentiel d'étudier le français en complément à l'anglais.

Dans une première étude, la validité et la fidélité de la LMÉ, de la densité des énoncés et de la GCMS, trois mesures de complexité morphosyntaxique, ont été examinées. Cet examen était nécessaire considérant le manque d'outils reconnus pour mesurer les habiletés morphosyntaxiques des enfants francophones d'âge scolaire à l'aide de leur langage spontané. À cet égard, la thèse a permis de développer un nouvel outil fournissant un score détaillé pour plusieurs catégories morphosyntaxiques : la GCMS. Elle a également démontré que le score global à la GCMS, tout comme la LMÉ et la densité des énoncés, était une mesure valide et fidèle pour évaluer les enfants francophones de la maternelle à la 3^e année du primaire, et que toutes ces mesures pouvaient être calculées à partir d'une tâche de définition ou de narration. Cette comparaison approfondie des qualités psychométriques de différentes mesures de complexité morphosyntaxique destinées aux enfants francophones d'âge scolaire est complètement novatrice dans le domaine, aucune autre étude comparable n'ayant été identifiée dans la littérature.

Dans une deuxième étude, la contribution relative des gènes et de l'environnement au vocabulaire, à la syntaxe et à leur association a été examinée. Cette étude a permis de combler un manque dans les connaissances scientifiques en examinant plusieurs aspects novateurs : (a) l'étiologie du langage auprès d'enfants francophones, (b) l'étiologie de l'association entre le vocabulaire et la syntaxe auprès d'enfants faisant leur entrée à l'école, et (c) l'étiologie du vocabulaire et de la syntaxe auprès d'enfants d'âge scolaire à l'aide de facteurs latents. Contrairement aux études précédentes, les résultats de la thèse ont indiqué qu'à l'âge scolaire, l'environnement partagé jouait un rôle important dans les habiletés lexicales, et que le vocabulaire et la syntaxe présentaient des patrons étiologiques différents. De plus, la thèse a démontré qu'à l'âge scolaire, contrairement à la petite enfance, ce sont des facteurs génétiques plutôt qu'environnementaux qui sont les principaux responsables de l'association phénotypique entre les habiletés lexicales et syntaxiques. Bref, ces résultats novateurs contribuent grandement au domaine du langage en clarifiant ou en remettant en question certains aspects de l'étiologie des habiletés lexicales et syntaxiques.

4.2. Les implications de la thèse

4.2.1. Les implications pour la recherche

4.2.1.1. *Le choix de la langue d'étude*

Les résultats de la thèse ont plusieurs implications pour la recherche. Premièrement, les deux études montrent la nécessité d'étudier le langage chez des populations francophones, ou du moins, autres qu'anglophones. En effet, les résultats obtenus auprès d'enfants francophones dans la thèse diffèrent de ceux obtenus auprès d'enfants anglophones dans la littérature. Par exemple, la première étude de la thèse a montré que la LMÉ en français augmentait en fonction de l'âge jusqu'à la troisième année du primaire, alors qu'elle cesse habituellement d'être associée à l'âge à partir de l'âge de 3 ans en anglais (p. ex., Rondal et al., 1987). De même, la deuxième étude de la thèse a montré que l'environnement partagé jouait un rôle important dans les habiletés lexicales des enfants francophones d'âge scolaire, alors que ce n'est habituellement pas le cas chez les enfants anglophones (p. ex., DeThorne et al., 2012).

Des études comparant directement la langue anglaise à d'autres langues ont également démontré des différences dans l'acquisition et dans le traitement du langage, et même dans le développement du cerveau. Par exemple, les résultats de l'étude de Choi et Gopnik (1995) indiquent que les premiers mots acquis par les enfants apprenant l'anglais et le coréen diffèrent en proportion : les enfants apprenant l'anglais utilisent plus de noms, alors que les enfants apprenant le coréen utilisent plus de verbes. Cette différence pourrait s'expliquer par les règles morphosyntaxiques de chaque langue. En effet, en anglais, le sujet et l'objet, qui sont habituellement représentés par des noms, sont obligatoires, mais ce n'est pas le cas en coréen. De plus, en anglais, puisque l'ordre des mots correspond à la séquence sujet-verbe-objet, les phrases se terminent fréquemment par un nom. Au contraire, en coréen, puisque l'ordre des mots correspond à la séquence sujet-objet-verbe, les phrases se terminent fréquemment par un verbe. Cette différence est importante puisque la fin des phrases représente une position particulièrement saillante pour l'apprentissage de nouveaux mots. Une autre explication à la différence entre les apprentissages des enfants est leur fréquence d'exposition à des noms et à des verbes. En effet, Choi et Gopnik ont montré que les mères parlant l'anglais produisaient plus de noms, alors que les mères parlant le coréen produisaient plus de verbes.

Le fait d'apprendre différentes langues a également un impact sur la façon dont les adultes traitent le langage. Par exemple, les locuteurs du finnois analysent les mots composés de plusieurs morphèmes (p. ex., *tax-ation*) différemment des anglophones (Vannest, Bertram, Järvikivi, & Niemi, 2002). Bien que le finnois soit une langue plus complexe morphologiquement que l'anglais, les locuteurs du finnois traitent les mots de façon plus globale que les anglophones, qui ont tendance à traiter les morphèmes séparément. Les auteurs expliquent leurs résultats par le fait que les mots finnois sont souvent composés d'une panoplie de morphèmes, incluant

des morphèmes flexionnels (p. ex., les terminaisons verbales pour indiquer le temps et la personne), et que le traitement séparé de chacun de ces morphèmes serait une tâche trop exigeante.

En plus de montrer que différentes langues sont acquises et traitées différemment, certains chercheurs ont découvert que la structure du cerveau variait en fonction de la langue d'usage. Par exemple, Kochunov et son équipe (2003) ont observé que différentes régions du lobe frontal gauche, du lobe temporal gauche et des lobes pariétaux gauche et droit n'avaient pas une grosseur comparable chez les anglophones et chez les locuteurs du chinois. Considérant qu'il existe des différences fonctionnelles comparables à ces différences anatomiques (Tan et al., 2003), les auteurs ont conclu que le cerveau se développait différemment en fonction de la langue apprise.

L'ensemble de ces résultats indique qu'il est imprudent de généraliser à d'autres langues les conclusions formulées suite à l'étude de la langue anglaise, et encourage donc les chercheurs à étudier le langage dans des populations autres qu'anglophones. Malgré ces recommandations, les réalités de la recherche font en sorte que la grande majorité des études sont conduites auprès de populations anglophones. Pour illustrer la différence entre la quantité d'études sur le langage portant sur l'anglais et sur le français, une recherche a été effectuée dans PsycINFO avec les mots-clés *language* et *English* ou *French*. Alors que la recherche avec le mot-clé *English* a généré 13 134 résultats, celle avec le mot-clé *French* n'en a généré que 2 048.

Heureusement, s'ils désirent étudier le français, les chercheurs ont maintenant à leur disposition différents outils dont la validité et la fidélité ont été testées pour mesurer la morphosyntaxe. Ces outils, bien qu'ils soient plus longs à employer que des tests standardisés (p. ex., le Test de closure grammaticale), peuvent fournir aux chercheurs un portrait plus détaillé des habiletés morphosyntaxiques : la LMÉ indique la longueur des énoncés produits par les enfants, la densité des énoncés indique à quel point les enfants enchâssent des propositions les unes dans les autres, et la GCMS indique la fréquence et la complexité de différents éléments morphosyntaxiques comme les pronoms et les temps de verbe. En utilisant ces outils à partir du langage spontané produit dans le sous-test Vocabulaire du WPPSI ou du WISC ou dans l'ENNI, les chercheurs peuvent même obtenir des mesures de plusieurs composantes du langage en même temps. En effet, en plus de permettre de calculer des scores de complexité morphosyntaxique, les sous-tests Vocabulaire du WPPSI et du WISC permettent de calculer un score de vocabulaire, et l'ENNI permet de calculer un score de narration. Calculer un score de complexité morphosyntaxique à partir de ces tests ou de tout autre test de langage dans lequel l'enfant a à composer des phrases permettrait donc de mieux représenter l'ensemble des habiletés langagières que l'utilisation d'une mesure unique du langage (p. ex., le PPVT).

Bien que ces techniques d'évaluation du langage soient recommandées, des limites temporelles empêchent parfois les chercheurs de les utiliser. Pour cette raison, différentes méthodes ont été développées pour faciliter

la transcription du langage spontané et le calcul de certaines mesures. Par exemple, CHILDES (<http://childes.psy.cmu.edu>), un large système d'échange de données, offre l'outil de transcription CHAT et les programmes de calcul CLAN. Ces derniers permettent de calculer rapidement, et pour différentes langues, plusieurs mesures, incluant la LMÉ, l'IPS et le DSS. Une adaptation de la GCMS pourrait éventuellement être ajoutée à ces programmes. D'autres programmes automatisés existent également pour alléger le calcul du DSS, comme le DSSA, qui a été validé par Judson (2006). Par ailleurs, le DSS a été adapté à différentes langues, notamment l'espagnol (Toronto, 1976) et le japonais (Miyata et al., 2013).

4.2.1.2. Les décisions analytiques

Une deuxième implication des résultats de la thèse concerne les analyses génétiques. En effet, l'utilisation de facteurs latents dans ces analyses a généré des résultats différents de ceux des études précédentes, attribuant plus d'importance aux facteurs de l'environnement partagé qu'à ceux de l'environnement unique dans l'explication de la variance dans les habiletés lexicales. Cette divergence s'explique par le fait que les facteurs latents ne tiennent compte que de ce qui est commun à différentes mesures, excluant ainsi l'erreur spécifique à chacune d'elles. Or, sans facteurs latents, l'erreur spécifique à chacune des mesures est incluse dans l'estimation de la contribution de l'environnement unique. Les chercheurs devraient donc favoriser, lorsque possible, l'utilisation de facteurs latents dans leurs analyses génétiques pour éviter d'attribuer un rôle exagéré à l'environnement unique.

L'inconvénient des facteurs latents est qu'ils requièrent l'utilisation de plusieurs mesures d'un même construit, augmentant considérablement la durée de la cueillette et de l'analyse des données. Ils réduisent également la puissance statistique et demandent donc un nombre plus important de participants (Ledgerwood & Shrout, 2011). De plus, leur avantage quant à la réduction de l'erreur de mesure est atténué s'il y a beaucoup d'erreur corrélée entre les mesures. Les résultats de la deuxième étude de la thèse illustrent bien cette dernière limite. En effet, la LMÉ et la densité des énoncés, puisqu'elles ont été calculées à partir du même échantillon de langage (c.-à-d., le sous-test Vocabulaire du WISC), sont sujettes à des erreurs corrélées. Par exemple, si un enfant était distrait ou fatigué lors du test, ce sont les deux mesures qui en ont été affectées. L'utilisation d'un facteur latent pour représenter les habiletés syntaxiques n'a donc pas permis d'exclure cette erreur commune aux deux mesures. C'est possiblement pour cette raison que le paramètre ϵ était si élevé pour le facteur Syntaxe ($\epsilon^2 = .56$), notamment en comparaison avec le facteur Vocabulaire ($\epsilon^2 = .09$). Une portion de l'erreur de mesure (non corrélée) a tout de même été éliminée par l'utilisation d'un facteur latent, comme l'indiquent les estimations encore plus élevées des analyses univariées ($es^2 = .58-.73$).

Plusieurs études parmi celles citées précédemment ont utilisé des facteurs latents, mais pour regrouper d'autres aspects du langage que ceux traités dans la thèse. Par exemple, Hayiou-Thomas et al. (2006) ont

comparé le langage général et l'articulation, et DeThorne et al. (2008) ont comparé les tests standardisés et les mesures de langage spontané. Dans les deux cas, l'utilisation de facteurs latents a augmenté la contribution des gènes et/ou de l'environnement partagé au détriment de l'environnement unique et de l'erreur. Dale et al. (2010) ont également créé un facteur latent dans leur étude, ce qui leur a permis d'observer que le langage général était plus influencé par les gènes que ne le laissaient croire leurs analyses univariées. Finalement, certains chercheurs ont utilisé des facteurs latents pour représenter différents groupes d'âge dans le but d'illustrer plus adéquatement des tendances développementales (e.g., DeThorne et al., 2012; Hayiou-Thomas et al., 2012). Bref, bien que peu de chercheurs aient créé des facteurs latents pour comparer le vocabulaire et la syntaxe, ce type d'analyse est commun dans les études de jumeaux. Malgré les exigences plus élevées en termes de quantité de données et de participants, cette pratique s'avère utile pour représenter plus précisément des construits, et essentielle pour comparer parcimonieusement une multitude de mesures.

Par ailleurs, bien que l'intérêt des chercheurs pour les analyses génétiques multivariées ait grandement augmenté au cours des dernières années, comme l'illustrent les nombreuses corrélations génétiques et environnementales rapportées, des paramètres comme l'héritabilité bivariée sont encore rarement estimés, du moins dans le domaine du langage. L'héritabilité bivariée est la proportion de covariance entre deux traits expliquée par des facteurs génétiques. Ce paramètre peut également être estimé pour les facteurs de l'environnement partagé et pour les facteurs de l'environnement unique, pour un total de 100% de covariance expliquée. En d'autres mots, les chercheurs estiment encore rarement la contribution relative des gènes, de l'environnement partagé et de l'environnement unique à l'association phénotypique entre deux composantes du langage. Or, cette information est importante, au-delà des corrélations génétiques et environnementales, pour déterminer quels types de facteurs sont à l'origine d'une association. Par exemple, dans la deuxième étude de la thèse, bien que les corrélations des gènes et de l'environnement partagé étaient toutes deux parfaites, indiquant que les mêmes facteurs génétiques et que les mêmes facteurs de l'environnement partagé contribuent au vocabulaire et à la syntaxe, c'était principalement grâce à des gènes communs que le vocabulaire et la syntaxe étaient associés. Les corrélations génétiques et environnementales ne sont donc pas suffisantes pour décrire en détail une association, et c'est pourquoi les chercheurs sont encouragés à estimer et à rapporter l'héritabilité bivariée ainsi que ses équivalents environnementaux.

Une des raisons pour laquelle l'héritabilité bivariée n'est pas souvent rapportée pourrait être en lien avec une interprétation erronée des analyses génétiques. En effet, les erreurs et les incompréhensions analytiques des chercheurs sont fréquentes, même lors de l'interprétation de résultats de base (Cortina, 2002). Par exemple, bien que la plupart des chercheurs tirent des conclusions justes suite à l'interprétation de la valeur de p (p. ex., que la différence entre deux groupes est significative), plusieurs ne parviennent pas à expliquer le rationnel de leur décision correctement (c.-à-d., que la valeur de p indique la probabilité d'occurrence de la valeur observée

si l'hypothèse nulle est vraie). Des difficultés analytiques surviennent également lors de l'utilisation de modèles d'équations structurelles, qui sont à la base des analyses génétiques. En ajoutant à cela tous les concepts, principes et prémisses des modèles de jumeaux (p. ex., l'environnement des jumeaux MZ ne doit pas être plus similaire que celui des jumeaux DZ, et vice versa), il n'est pas surprenant que les chercheurs commettent parfois des erreurs d'interprétation dans leurs analyses génétiques. Une de ces erreurs pourrait être la confusion entre corrélation génétique et héritabilité bivariée, qui, il faut l'avouer, représentent des concepts très liés.

4.2.1.3. Les facteurs à l'origine du langage

Une troisième implication des résultats de la thèse concerne les facteurs génétiques et environnementaux à l'origine des habiletés lexicales et syntaxiques. En effet, les résultats de la deuxième étude de la thèse indiquent que le vocabulaire et la syntaxe seraient influencés par les mêmes gènes. Les chercheurs sont donc amenés à rechercher des gènes du langage plutôt que des gènes spécifiques à chaque composante. Par exemple, Newbury et al. (2011) ont déjà identifié quelques gènes associés aux habiletés langagières générales : *KIAA0319*, *CNTNAP2*, *ATP2C2* et *CMIP*. Un autre gène dont il est souvent question est *FOXP2*, dont une mutation affecte à la fois l'articulation, le vocabulaire, la morphosyntaxe, la lecture et l'écriture (Watkins, Dronkers, & Vargha-Khadem, 2002).

Certaines études ont démontré que ces gènes, notamment *KIAA0319* (Paracchini et al., 2006) et *CNTNAP2* (Peñagarikano et al., 2011), pourraient être impliqués dans la migration des neurones lors du développement de l'embryon. Il n'est donc pas surprenant d'observer des variations cérébrales structurelles en lien avec ceux-ci. Par exemple, l'expression du gène *FOXP2* a été associée au striatum chez les rats (Takahashi, Liu, Hirokawa, & Takahashi, 2003). Chez les humains, une mutation du gène *FOXP2* a été associée à une réduction de la densité de la matière grise dans plusieurs régions du cerveau, incluant le noyau caudé, qui fait partie du striatum (Vargha-Khadem et al., 1998). De plus, le gène *CNTNAP2*, lorsqu'il comporte deux allèles à risque pour l'autisme, a été associé à une réduction de la densité de la matière grise dans plusieurs régions du cerveau, incluant le cervelet, chez des sujets sains (Tan, Doke, Ashburner, Wood, & Frackowiak, 2010). Une association a également été observée entre le gène *KIAA0319* et les circuits cérébelleux, autant chez des individus atteints de schizophrénie que chez des contrôles sains (Jamadar et al., 2011). Ces résultats sont cohérents avec d'autres études qui ont lié le striatum ainsi que le cervelet directement aux habiletés langagières (Murdoch, 2010 ; Teichmann et al., 2008).

Il est également intéressant de noter que les régions cérébrales associées aux gènes du langage sont impliquées dans certains mécanismes cognitifs généraux. Par exemple, une étude récente a montré que l'activation du cervelet était associée à la mémoire de travail (Blokland et al., 2014). De plus, Bapi, Pammi,

Miyapuram et Ahmed (2005) ont conclu que le striatum avait un rôle important à jouer dans l'apprentissage statistique. Ces observations viennent appuyer l'hypothèse, qui a été soulevée dans la deuxième étude de la thèse, que la mémoire de travail et l'apprentissage statistique pourraient être à la base du langage et de l'association entre le vocabulaire et la syntaxe.

Bien que les résultats de la deuxième étude de la thèse suggèrent que le vocabulaire et la syntaxe seraient influencés par les mêmes gènes, des patrons étiologiques distincts ont aussi été observés pour chacune des composantes du langage : alors que le vocabulaire était influencé par les gènes, par l'environnement partagé et par l'environnement unique, la syntaxe était influencée par les gènes et par l'environnement unique seulement. Ce contraste correspond particulièrement bien à l'étiologie du QI. En effet, alors que le QI verbal est influencé par les trois types de facteurs, le QI non verbal n'est influencé que par des facteurs génétiques et par des facteurs de l'environnement unique (Hoekstra, Bartels, & Boomsma, 2007). Cette similarité est possiblement due au fait que le QI verbal est évalué par des mesures de vocabulaire plutôt que par des mesures de syntaxe, mais elle pourrait également être attribuable au fait que des règles doivent être détectées autant dans la syntaxe que dans des mesures de QI non verbal comme le sous-test Matrices du WISC. Le calcul de corrélations génétiques entre le vocabulaire et le QI verbal et entre la syntaxe et le QI non verbal permettrait de déterminer s'il existe vraiment une association fondamentale entre ces habiletés.

En ce qui a trait à l'environnement, les résultats de la deuxième étude de la thèse indiquent que les habiletés lexicales seraient influencées surtout par l'environnement partagé, alors que les habiletés syntaxiques seraient plutôt influencées par l'environnement unique. Il est donc possible qu'au début de la période scolaire, le langage entendu à la maison (souvent le même pour les deux jumeaux) ait un impact plus marqué sur le vocabulaire, alors que le langage entendu en classe (souvent différent d'un jumeau à l'autre) ait un impact plus marqué sur la syntaxe. En ce sens, Weizman et Snow (2001) ont observé qu'en maternelle et en deuxième année du primaire, les enfants qui obtenaient de meilleurs scores au PPVT étaient ceux dont la mère avait utilisé plus de mots sophistiqués intégrés dans un discours instructif et aidant lorsqu'ils avaient 5 ans. Huttenlocher, Vasilyeva, Cymerman et Levine (2002) ont quant à eux montré que les habiletés syntaxiques réceptives des enfants de niveau préscolaire, mesurées avec une tâche similaire au TROG, augmentaient lors d'une année scolaire en fonction de la complexité des phrases produites par l'enseignant. Toutefois, les raisons pour lesquelles le vocabulaire et la syntaxe seraient soumis à des influences différentes ne sont toujours pas claires.

4.2.1.4. Les théories du langage

Finalement, les résultats de la thèse ont également une implication pour les théories dans le domaine du langage. En effet, de façon générale, les résultats de la deuxième étude de la thèse supportent la théorie de

l'émergentisme, selon laquelle les gènes et l'environnement ont tous deux un rôle important à jouer dans le développement du langage. Cette théorie est également appuyée par les observations parallèles que (a) des individus avec les mêmes gènes mais grandissant dans des environnements différents et (b) des individus avec des gènes différents mais grandissant dans le même environnement ont des habiletés différentes. Par exemple, la corrélation entre les QI verbaux de jumeaux identiques est plus faible si les jumeaux ont été séparés à la naissance (Bouchard, Lykken, McGue, Segal, & Tellegen, 1990), et les corrélations entre jumeaux élevés ensemble sont typiquement plus faibles pour les jumeaux non identiques. En ce sens, il est possible que les contributions du matériel génétique et du milieu de vie s'additionnent pour donner lieu à des habiletés langagières variables d'un individu à l'autre.

Par contre, bien que ce n'ait pu être testé dans la thèse, l'émergentisme postule une relation plus complexe qu'un simple cumul d'effets entre les facteurs génétiques et les facteurs environnementaux. D'une part, il est possible qu'il y ait une interaction entre les deux types de facteurs (Plomin, DeFries, & Loehlin, 1977). Dans un tel cas, la contribution relative des gènes et de l'environnement varierait en fonction du génotype de l'individu ou de l'environnement dans lequel il se trouve. Par exemple, une étude influente a montré que le QI des enfants provenant de milieux défavorisés était influencé surtout par l'environnement partagé, alors que le QI des enfants provenant de milieux favorisés était influencé surtout par les gènes (Turkheimer, Haley, Waldron, D'Onofrio, & Gottesman, 2003). Une étude sur le langage a produit des résultats similaires. McGrath et ses collègues (2007) ont observé que dans les environnements favorables au développement du langage (p. ex., lorsque des livres sont souvent lus à la maison), le fait d'être génétiquement à risque d'un trouble des sons de la parole ou d'un trouble de lecture (évalué à partir des chromosomes 6p22 et 15q21) était associé aux habiletés langagières. Par contre, dans les environnements moins favorables au développement du langage, ce n'était pas le cas.

D'autre part, différents types de corrélations existent entre les facteurs génétiques et les facteurs environnementaux (Plomin et al., 1977) : une corrélation passive, car les parents transmettent à la fois leurs gènes et l'environnement qu'ils ont choisi à leur enfant (p. ex., des parents avec de bonnes habiletés langagières risquent de fournir à leur enfant un environnement favorable au développement des habiletés langagières) ; une corrélation active, car les individus recherchent un environnement qui correspond à leurs caractéristiques génétiques (p. ex., un individu qui a de la facilité à lire risque de lire plus souvent) ; et une corrélation réactive, car l'environnement réagit aux caractéristiques génétiques des individus (p. ex., des parents risquent de parler de façon moins élaborée à leur enfant si ce dernier a un trouble de langage).

Par ailleurs, il faut garder en tête que les résultats de la thèse portent sur les différences individuelles plutôt que sur les processus universels. Ainsi, bien que les variations dans les habiletés langagières des enfants

soient influencées à la fois par leurs gènes et par leur environnement, il est possible que le génotype humain contienne de l'information de base invariable permettant à tous les humains de développer le langage. Cette nuance est comparable à d'autres facultés humaines telles que la vue. En effet, bien que tous les humains soient programmés génétiquement pour voir (processus universel), la qualité de la vision de chaque individu dépend de facteurs génétiques et environnementaux (différences individuelles). Pour revenir au langage, les résultats de la thèse ne permettent donc pas de réfuter complètement la théorie du nativisme. En effet, bien que les différences individuelles dans le domaine du langage ne soient pas dues exclusivement à des facteurs génétiques, il est possible que tous les humains soient programmés génétiquement pour développer un module inné du langage. Si tel était le cas, une étude de jumeaux comme celle menée dans le cadre de la thèse ne permettrait pas de déceler de contribution génétique à ce module car aucune variance n'y serait associée dans la population.

Une autre hypothèse populaire n'ayant pu être testée dans la thèse est celle du bootstrapping. Selon cette hypothèse, lorsqu'un enfant apprend sa langue maternelle, il utilise les connaissances qu'il a dans une certaine composante du langage pour développer une autre composante. Par exemple, selon Pinker (1984), les enfants se servent de leurs connaissances lexicales pour développer leurs connaissances syntaxiques, ce qu'on appelle le bootstrapping lexical. Ainsi, en entendant la phrase *La fille mange une pomme* et en voyant une fille manger une pomme, l'enfant, s'il connaît la signification des mots *filles*, *mange* et *pomme*, pourra déduire que dans sa langue, on doit placer l'agent, suivi du verbe, suivi de l'objet. Bien sûr, il faudra à l'enfant plus d'un exemple pour déterminer l'ordre des mots de sa langue. Les enfants pourraient aussi se servir de leurs connaissances syntaxiques pour développer leurs connaissances lexicales, ce qu'on appelle le bootstrapping syntaxique (Gleitman, 1990). Par exemple, si un enfant entend un nouveau mot précédé d'un déterminant (p. ex., *le slépie*), il déduira probablement que ce nouveau mot est un objet. De même, s'il entend un nouveau mot précédé d'un pronom (p. ex., *je slépie*), il déduira probablement que ce nouveau mot est une action.

Pour tester l'hypothèse du bootstrapping, un devis longitudinal peut être utilisé. C'est ce qu'ont fait Dionne et al. (2003). Les chercheurs ont observé que les habiletés lexicales à l'âge de 2 ans pouvaient prédire les habiletés syntaxiques à l'âge de 3 ans lorsque les habiletés syntaxiques à l'âge de 2 ans étaient contrôlées, ce qui suggère l'utilisation de bootstrapping lexical. À l'inverse, ils ont observé que les habiletés syntaxiques à l'âge de 2 ans pouvaient prédire les habiletés lexicales à l'âge de 3 ans lorsque les habiletés lexicales à l'âge de 2 ans étaient contrôlées, ce qui suggère l'utilisation de bootstrapping syntaxique. Bref, bien que les deux types de bootstrapping semblent permettre le développement du langage à la petite enfance, il reste à déterminer si les enfants plus vieux, notamment les enfants d'âge scolaire, emploient également ce mécanisme développemental.

En somme, les résultats de la thèse encouragent les chercheurs à étudier des populations francophones, possiblement en calculant la LMÉ, la densité des énoncés et/ou la GCMS à partir du WPPSI, du WISC ou de l'ENNI. Ils encouragent également à utiliser des facteurs latents et à rapporter l'héritabilité bivariée et ses équivalents environnementaux lors de l'exécution d'analyses génétiques. De plus, ils suggèrent de rechercher des gènes et des mécanismes cognitifs communs au vocabulaire et à la syntaxe, mais des facteurs environnementaux distincts. Finalement, ils soulignent la pertinence de la théorie de l'émergentisme dans l'étude des différences individuelles dans le domaine du langage.

4.2.2. Les implications pour la clinique

Les résultats de la thèse ont également une implication pour la clinique. Premièrement, comme les chercheurs, les cliniciens ont maintenant à leur disposition divers outils pour mesurer la complexité morphosyntaxique des enfants francophones âgés entre 5 et 9 ans ou ayant des habiletés langagières équivalentes à celles de ces enfants. Un clinicien pourrait donc, par exemple, administrer et calculer le score du sous-test Vocabulaire du WISC, ce qui prend une quinzaine de minutes. Puis, s'il transcrivait les réponses de l'enfant, il pourrait par la suite calculer la LMÉ, la densité des énoncés et/ou le score global à la GCMS. Dans la thèse, les transcriptions du sous-test Vocabulaire du WISC ont été complétées en une heure chacune en moyenne, et le calcul de l'ensemble des scores de complexité morphosyntaxique a été complété en une heure en moyenne également (environ 10 minutes pour la LMÉ, 5 minutes pour la densité des énoncés, et 45 minutes pour la GCMS). En un peu plus de deux heures, le clinicien pourrait donc obtenir un portrait détaillé des habiletés morphosyntaxiques de l'enfant, en plus d'un score de vocabulaire. Il pourrait également, s'il le désirait, analyser d'autres composantes du langage de l'enfant, comme sa prononciation, à l'aide de l'enregistrement des réponses de l'enfant au sous-test Vocabulaire du WISC.

Deuxièmement, considérant le rôle possible de la mémoire de travail et de l'apprentissage statistique dans les habiletés langagières, les troubles de langage pourraient être attribuables à un déficit de ces mécanismes. Si tel est le cas, comme l'indiquent certaines études (Hsu & Bishop, 2010 ; Montgomery, 2003), alors les programmes d'intervention auprès des enfants avec des difficultés langagières devraient cibler ces mécanismes. Des programmes axés sur l'entraînement de la mémoire de travail ont déjà montré leur efficacité au sein de diverses populations. Par exemple, ils amélioreraient l'intelligence non verbale des enfants à développement typique (Zhao, Wang, Liu, & Zhou, 2011) et des enfants avec un trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité (Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002), et ils amélioreraient le vocabulaire des enfants avec des difficultés d'apprentissage (Alloway, 2012). Des programmes interactifs disponibles sur le web (p. ex., <http://junglememory.com>) prétendent également pouvoir améliorer le langage des enfants atteints de dyslexie et d'autisme. De plus, bien qu'aucune étude à ce jour n'ait investigué l'effet d'un entraînement de la mémoire de travail sur le rendement d'enfants avec un SLI, certains chercheurs

recommandent la mise en place de ce type d'intervention (Montgomery, Magimairaj, & Finney, 2010). Finalement, une étude novatrice (Daltrozzo, Conway, & Smith, 2013) a testé l'effet d'un entraînement combiné de la mémoire de travail et de l'apprentissage statistique auprès d'une population de jeunes adultes. Bien que les résultats des chercheurs n'aient pas atteint le seuil de signification, les tendances qu'ils ont observées suggèrent que l'entraînement de l'apprentissage statistique pourrait améliorer les habiletés langagières.

En somme, les résultats de la thèse encouragent les cliniciens à utiliser la LMÉ, la densité des énoncés et/ou la GCMS pour mesurer les habiletés morphosyntaxiques des enfants francophones d'âge scolaire. Ils encouragent également les chercheurs à continuer de tester l'efficacité de programmes d'intervention axés sur des mécanismes cognitifs généraux pour venir en aide aux enfants souffrant de problèmes de langage.

4.3. Les forces et les limites de la thèse

Une première force de la thèse est qu'elle porte sur le langage oral d'une population peu étudiée, soit les enfants francophones d'âge scolaire. En effet, la majorité des études dans le domaine du langage examinent des enfants anglophones, plusieurs chercheurs de la communauté scientifique provenant des États-Unis, du Canada anglais et du Royaume-Uni. De même, les jeunes enfants débutant leur apprentissage du langage sont souvent d'un grand intérêt auprès des chercheurs, car c'est principalement durant cette période que le développement rapide et impressionnant de la faculté complexe qu'est le langage se produit. Le traitement du langage par les adultes, considérés comme ayant terminé leur apprentissage, génère également beaucoup de recherches. Par contre, les enfants non anglophones d'âge scolaire sont souvent laissés de côté. La présente thèse comble en partie ce manque, et ses résultats – qui proposent trois mesures valides et fidèles et qui soulèvent des différences étiologiques entre les enfants francophones d'âge scolaire et les enfants anglophones plus jeunes – encouragent les chercheurs à poursuivre dans la même direction.

Une seconde force de la thèse est qu'elle teste et utilise des mesures de langage spontané plutôt que des mesures de production dirigée ou de compréhension pour évaluer la morphosyntaxe. Le langage spontané a l'avantage d'être produit de façon naturelle, souvent sans que l'enfant ne sache que son langage est évalué. L'enfant est donc moins sujet à commettre des erreurs langagières en raison de son anxiété ou de son incompréhension de la tâche. Une étude a également montré que les enfants atteints d'un SLI étaient mieux diagnostiqués avec une évaluation de leur langage spontané qu'avec des mesures standardisées de langage (p. ex., le VABS ; Dunn, Flax, Sliwinski, & Aram, 1996). Les scores de morphosyntaxe rapportés dans la thèse représentent donc le langage d'une des meilleures façons possible.

Une troisième force de la thèse est qu'elle utilise des contextes standardisés (le WPPSI, le WISC et l'ENNI) pour évaluer le langage spontané. Cette méthode fait en sorte que tous les enfants produisent des phrases en

réponse aux mêmes questions, plutôt qu'en réponse aux questions diversifiées de l'expérimentateur dans un contexte de jeu, par exemple, rendant la comparaison entre les enfants plus valide. Il est également plus simple de recréer le même contexte d'une étude à l'autre si ce contexte est un test standardisé.

Finalement, la thèse propose des règles claires concernant la segmentation du langage en énoncés. Cette étape dans l'évaluation de la morphosyntaxe est cruciale, car la LMÉ, la densité des énoncés et le score global à la GCMS sont des mesures moyennes par énoncé, c'est-à-dire que les scores totaux pour l'ensemble d'un échantillon de langage sont divisés par le nombre total d'énoncés dans l'échantillon. Or, si les critères de segmentation ne sont pas clairs, comme c'est le cas dans certaines études (p. ex., Klee & Fitzgerald, 1985 ; Scarborough, 1990), les scores varieront selon la personne qui les calcule, et manqueront donc de fidélité. C'est pourquoi dans cette thèse (voir la section Method des deux études), un énoncé a été défini clairement en suivant les recommandations de Rondal (1997), de Lee (1974) et de Thordardottir (2005).

La thèse présente aussi quelques limites. Par exemple, alors que Brown (1973) recommande d'utiliser un échantillon de 100 énoncés pour calculer la LMÉ et que Lee (1974) recommande d'utiliser un échantillon de 50 phrases complètes pour calculer le score global au DSS, plusieurs enfants dans la présente thèse ont généré moins de 50 énoncés, et certains de ces énoncés n'étaient pas des phrases complètes. Ces échantillons de langage restreints sont dus au fait que les sous-tests Vocabulaire du WPPSI et du WISC et l'ENNI comportent un nombre limité d'items et des critères d'arrêt, rendant impossible de les prolonger pour obtenir un minimum d'énoncés. Ainsi, bien que ces contextes aient l'avantage d'être standardisés, il est possible qu'ils génèrent des échantillons de langage trop courts pour le calcul de la LMÉ et de la GCMS. De futures études de fidélité pourront vérifier si tel est le cas.

Une autre limite de la thèse est qu'elle inclut un nombre restreint de participants. Cette limite est une conséquence de la complexité des données recueillies. En effet, tel que mentionné précédemment, la transcription des échantillons de langage et le calcul des différentes mesures de complexité morphosyntaxique (en particulier, celui de la GCMS) prend beaucoup de temps, et bien que ce travail supplémentaire était pertinent dans le cadre de la thèse, il a eu le désavantage de réduire le nombre de participants évalués dans les deux études. Les faits que les scores de fréquence et de complexité moyennes n'aient pas répondu à tous les critères de validité et de fidélité testés et que l'estimation de certains paramètres (p. ex., la contribution de l'environnement partagé à la syntaxe) se soient avérés être non significatifs pourraient donc être causés par un manque de puissance. Des études futures incluant un plus grand nombre de participants pourront vérifier si tel est le cas.

Finalement, bien que la LMÉ et la densité des énoncés calculées à partir du sous-test Vocabulaire du WISC semblent être des mesures syntaxiques valides et fidèles pour les enfants francophones de la maternelle à la

troisième année du primaire, ces mesures pourraient ne pas être utilisables auprès d'adolescents. En effet, des analyses préliminaires effectuées auprès de 20 paires de jumeaux MZ et de 20 paires de jumeaux DZ provenant de la QNTS ont révélé que ces mesures étaient peu stables entre les âges de 7 et de 15 ans, et qu'à 15 ans, contrairement à 7 ans, elle étaient peu ou pas associées avec le score du sous-test Vocabulaire du WISC. Ces faiblesses psychométriques pourraient être dues au fait que certains adolescents répondent de façon très brève au sous-test Vocabulaire du WISC (p. ex., en ne donnant qu'un synonyme des mots à définir), ce qui est très rare chez les enfants plus jeunes. Or, lorsqu'un adolescent donne une réponse concise, ce n'est pas nécessairement parce que ses habiletés morphosyntaxiques sont limitées, d'où le potentiel manque de validité de la LMÉ et de la densité des énoncés calculées à partir du sous-test Vocabulaire du WISC à 15 ans.

En somme, les forces de la thèse sont qu'elle porte sur le langage oral d'une population peu étudiée, qu'elle teste et utilise des mesures de langage spontané provenant de contextes standardisés pour évaluer la morphosyntaxe, et qu'elle propose des règles claires concernant la segmentation du langage en énoncés. Par contre, elle inclut un nombre limité d'énoncés et de participants, et les outils qu'elle propose semblent ne pas pouvoir être utiles au-delà de la fin de l'enfance.

4.4. Des pistes de recherches futures

Plusieurs études pourraient être menées dans le futur pour continuer de faire avancer les connaissances dans le domaine de la morphosyntaxe. Premièrement, une contribution qui pourrait être très utile au milieu clinique est le développement de normes françaises pour la LMÉ, pour la densité des énoncés et pour la GCMS. En effet, bien qu'il existe certains points de repère pour les enfants anglophones (p. ex., les stades de Brown, 1973, pour la LMÉ), l'évaluation de la morphosyntaxe des enfants francophones à partir de leur langage spontané est plus subjective, et les normes disponibles conviennent généralement aux enfants plus jeunes seulement (p. ex., Thordardottir et al., 2010). De même, les échantillons de langage varient considérablement d'un contexte à l'autre, il convient de développer des normes spécifiques à chacun d'eux.

La première étude de la thèse (voir Table 2.1) pourrait être un bon point de départ. Par contre, un des critères de sélection des participants de cette étude était l'absence de trouble de langage, ce qui fait en sorte que les moyennes rapportées sont plus élevées que ce qui devrait être observé dans la population générale. En effet, les moyennes obtenues à 7 ans sont moins élevées dans la deuxième étude de la thèse, qui ne discriminait pas en fonction des habiletés langagières (pour la LMÉ, $M = 8.48$ dans la première étude et 7.25 dans la deuxième étude ; pour la densité des énoncés, $M = 1.43$ dans la première étude et 1.38 dans la deuxième étude). Il faut toutefois tenir compte du fait que les jumeaux obtiennent généralement des scores moins élevés que les singletons dans les tâches de langage (Rutter & Redshaw, 1991). Bref, bien que les résultats de la

thèse puissent guider les cliniciens, beaucoup de travail reste à faire pour leur offrir une base de comparaison solide pour la LMÉ, pour la densité des énoncés et pour les scores à la GCMS des enfants francophones d'âge scolaire.

Deuxièmement, des études comparables à celles de la thèse pourraient être menées auprès d'enfants avec des difficultés de langage. En effet, en plus de permettre d'évaluer les enfants à développement typique, il serait intéressant de savoir si la LMÉ, la densité des énoncés et la GCMS permettent de détecter les enfants avec un trouble de langage. Certaines études laissent croire que ce pourrait être le cas. Par exemple, des chercheurs ont observé que dans un contexte de narration d'histoires, les enfants anglophones d'âge scolaire avec un trouble de langage avaient des LMÉs en morphèmes (Hewitt, Hammer, Yont, & Tomblin, 2005) et des densités des énoncés (Fey, Catts, Proctor-Williams, Tomblin, & Zhang, 2004) moins élevées que les enfants à développement typique du même âge. Une étude de Conti-Ramsden (2003) a également montré que dans des tâches de production dirigée, les enfants anglophones de 5 ans avec un SLI faisaient plus d'erreurs que les enfants à développement typique du même âge dans la conjugaison des verbes au passé et dans l'accord des noms au pluriel. Du côté francophone, des chercheurs ont observé que les enfants de 5 à 13 ans avec un SLI produisaient moins de pronoms personnels conjoints objets (p. ex., *Il le lave*) et réflexifs (p. ex., *Il se lave*) lors de la description d'images que les enfants à développement typique de 5 ans (Jakubowicz, Nash, Rigaut, & Gérard, 1998). Il reste donc à déterminer si la LMÉ, la densité des énoncés et la GCMS sont des outils assez sensibles pour détecter ces différences entre les enfants avec un trouble de langage et les enfants à développement typique dans la langue française.

L'étude d'enfants avec un trouble de langage serait également pertinente en ce qui a trait à l'étiologie des habiletés morphosyntaxiques. En effet, il est possible que la contribution relative des gènes et de l'environnement varie en fonction de la présence d'un trouble de langage. En d'autres mots, dans le cas où le trouble serait d'origine génétique, il pourrait y avoir une interaction entre les facteurs génétiques et les facteurs environnementaux, tel que décrit précédemment (Plomin et al., 1977). Bien que Kovas et al. (2005) n'aient pas testé statistiquement une telle interaction, ils ont observé que les habiletés morphosyntaxiques des enfants de 4 à 5 ans à l'extrémité inférieure du continuum étaient plus influencées par l'environnement partagé ($cs^2 = .48-.56$) que celles des autres enfants ($cs^2 = .21-.26$; voir l'Introduction pour la description des mesures utilisées). L'étiologie des habiletés morphosyntaxiques des enfants avec un trouble de langage se doit donc d'être étudiée plus en profondeur (p. ex., dans un autre groupe d'âge et/ou avec d'autres mesures) pour déterminer si elle diffère de celle des enfants à développement typique. Une telle investigation pourrait aiguiller les chercheurs quant à l'origine des difficultés langagières.

Troisièmement, plus de recherches devraient également être effectuées auprès d'adolescents et d'adultes. Par exemple, bien que certaines études suggèrent que la morphosyntaxe se développe jusqu'à l'âge adulte (p. ex., Nippold et al., 2005), très peu de données sont disponibles au-delà de l'enfance. Le patron développemental de la morphosyntaxe reste donc difficile à tracer. De même, il n'est toujours pas clair quelles mesures de langage spontané peuvent être utilisées lors de cette période de la vie. La situation est similaire pour l'étiologie des habiletés morphosyntaxiques. En effet, la population la plus âgée recensée est celle de l'étude de Dale et al. (2010) : des enfants de 12 ans. Bien que l'ensemble des habiletés verbales aient tendance à augmenter avec l'âge (Hayiou-Thomas et al., 2012 ; Hoekstra et al., 2007), les résultats de la deuxième étude de la thèse indiquent que la contribution relative des gènes et de l'environnement peut varier d'une composante du langage à l'autre, d'où l'importance de mesurer les habiletés morphosyntaxiques spécifiquement à l'adolescence et à l'âge adulte.

Quatrièmement, considérant les nombreuses différences rapportées entre les habiletés morphosyntaxiques des enfants francophones et celles des enfants anglophones, des études incluant des apprenants des deux langues s'imposent. D'une part, une étude parallèle à la première étude de la thèse pourrait tester la validité et la fidélité de la LMÉ, de la densité des énoncés et des scores au DSS calculés à partir du sous-test Vocabulaire du WPPSI ou du WISC et de l'ENNI auprès d'enfants anglophones. Il serait alors possible de déterminer si les différences observées entre les enfants francophones et les enfants anglophones, notamment en ce qui a trait à la LMÉ, sont dues uniquement à la langue d'usage ou bien si elles reflètent des différences méthodologiques avec les études antérieures. D'autre part, une étude sur l'étiologie des habiletés langagières comparant les enfants francophones et les enfants anglophones permettrait de savoir si les résultats novateurs de la deuxième étude de la thèse sont réellement attribuables à la langue d'usage. Si tel était le cas, une étude plus approfondie de différentes langues serait nécessaire pour tenter de comprendre pourquoi celles-ci sont influencées de façon différente par les gènes et par l'environnement.

Finalement, des études longitudinales pourraient être menées. En effet, un tel type d'étude permettrait de déterminer la stabilité temporelle de la LMÉ, de la densité des énoncés et de la GCMS auprès d'enfants francophones, ce qui n'a pu être fait dans la première étude de la thèse en raison du devis transversal utilisé. Une étude longitudinale aurait aussi l'avantage d'évaluer les mêmes enfants à différents âges, ce qui éviterait que les différences de groupes soient dues à des niveaux inégaux d'habiletés langagières plutôt qu'à l'âge. En ce qui concerne l'étiologie du langage, une étude longitudinale pourrait permettre de mieux comprendre le développement de l'association entre le vocabulaire et la syntaxe. En effet, les différentes mesures et analyses employées d'une étude à l'autre rendent difficile la comparaison entre celles-ci. Bien que Hayiou-Thomas et al. (2012) aient déjà effectué une étude longitudinale sur l'étiologie du langage des enfants de 2 à

12 ans, cette dernière combine les habiletés lexicales et syntaxiques, et ne permet donc pas de comparer les deux composantes du langage, ni d'examiner leur association.

En somme, bien que la thèse ait contribué à l'avancement des connaissances dans le domaine de la morphosyntaxe, elle soulève également d'autres pistes de recherche : la création de normes françaises pour la LMÉ, pour la densité des énoncés et pour la GCMS ; l'étude des mesures et de l'étiologie des habiletés morphosyntaxiques des enfants avec des difficultés langagières, des adolescents et des adultes ; l'étude parallèle des habiletés morphosyntaxiques des enfants francophones et des enfants anglophones ; et la mise sur pied d'études longitudinales pour examiner les mesures et l'étiologie des habiletés morphosyntaxiques.

Références

- Adams, A.-M., & Gathercole, S. E. (2000). Limitations in working memory: Implications for language development. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 35, 95–116. doi:10.1080/136828200247278
- Adlof, S. M., Catts, H. W., & Lee, J. (2010). Kindergarten predictors of second versus eighth grade reading comprehension impairments. *Journal of Learning Disabilities*, 43, 332–345. doi:10.1177/0022219410369067
- Alloway, T. (2012). Can interactive working memory training improve learning? *Journal of Interactive Learning Research*, 23, 197–207. Récupéré de <http://www.aace.org/pubs/jilr/>
- American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (4e éd.). Washington, DC : American Psychiatric Association.
- Baddeley, A., Gathercole, S., & Papagno. C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105, 158–173. doi:10.1037/0033-295X.105.1.158
- Bapi, R. S., Pammi, V. S. C., Miyapuram, K. P., & Ahmed (2005). Investigation of sequence processing: A cognitive and computational neuroscience perspective. *Current Science*, 89, 1690–1698. Récupéré de <http://www.currentscience.ac.in>
- Bassano, D. (2000). Early development of nouns and verbs in French: Exploring the interface between lexicon and grammar. *Journal of Child Language*, 27, 521–559. doi:10.1017/S0305000900004396
- Bassano, D., Maillochon, I., & Mottet, S. (2008). Noun grammaticalization and determiner use in French children's speech: A gradual development with prosodic and lexical influences. *Journal of Child Language*, 35, 403–438. doi:10.1017/S0305000907008586
- Bates, E., & MacWhinney, B. (1987). Competition, variation, and language learning. Dans B. MacWhinney (Éd.), *Mechanisms of language acquisition* (pp. 157–193). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Berko, J. (1958). The child's learning of English morphology. *Word*, 14, 150–177. Récupéré de <http://chilides.talkbank.org>
- Bishop, D. V. M. (2003). *The Test for Reception of Grammar* (2e éd.). Londres, Royaume-Uni : Psychological Corporation.
- Bishop, D. V. M. (2009). Genes, cognition, and communication: Insights from neurodevelopmental disorders. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156, 1–18. doi:10.1111/j.1749-6632.2009.04419.x
- Blake, J., Quartaro, G., & Onorati, S. (1993). Evaluating quantitative measures of grammatical complexity in spontaneous speech samples. *Journal of Child Language*, 20, 139–152. doi:10.1017/S0305000900009168
- Blokland, G. A. M., McMahon, K. L., Thompson, P. M., Hickie, I. B., Martin, N. G., de Zubicaray, G. I. & Wright, M. J. (2014). Genetic effects on the cerebellar role in working memory: Same brain, different genes? *NeuroImage*, 86, 392–403. doi:10.1016/j.neuroimage.2013.10.006

- Boivin, M., Brendgen, M., Dionne, G., Dubois, L., Périusse, D., Robaey, P., . . . Vitaro, F. (2013). The Quebec Newborn Twin Study into adolescence: 15 years later. *Twin Research and Human Genetics*, 16, 64–69. doi:10.1017/thg.2012.129
- Bornstein, M. H., Cote, L. R., Maital, S., Painter, K., Park, S.-Y., Pascual, L., . . . Vyt, A. (2004). Cross-linguistic analysis of vocabulary in young children: Spanish, Dutch, French, Hebrew, Italian, Korean, and American English. *Child Development*, 75, 1115–1139. doi:10.1111/j.1467-8624.2004.00729.x
- Bornstein, M. H., Hahn, C. S., & Haynes, O. M. (2004). Specific and general language performance across early childhood: Stability and gender considerations. *First Language*, 24, 267–304. doi:10.1177/0142723704045681
- Botting, N., Simkin, Z., & Conti-Ramsden, G. (2006). Associated reading skills in children with a history of specific language impairment (SLI). *Reading and Writing*, 19, 77–98. doi:10.1007/s11145-005-4322-4
- Bouchard, M.-E. G., Fitzpatrick, E. M., & Olds, J. (2009). Analyse psychométrique d'outils d'évaluation utilisés auprès des enfants francophones. *Revue Canadienne d'Orthophonie et d'Audiologie*, 33, 129–139. Récupéré de <http://cjslpa.ca>
- Bouchard, T. J., Jr., Lykken, D. T., McGue, M., Segal, N. L., & Tellegen, A. (1990). Sources of human psychological differences: The Minnesota Study of Twins Reared Apart. *Science*, 250, 223–228. doi:10.1126/science.2218526
- Bracken, B. A., & Murray, A. M. (1984). Stability and predictive validity of the PPVT-R over an eleven month interval. *Educational & Psychological Research*, 4, 41–44.
- Brown, R. (1973). *A first language: The early stages*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Burchinal, M., Howes, C., Pianta, R., Bryant, D., Early, D., Clifford, R., & Barbarin, O. (2008). Predicting child outcomes at the end of kindergarten from the quality of pre-kindergarten teacher–child interactions and instruction. *Applied Developmental Science*, 12, 140–153. doi:10.1080/10888690802199418
- Chabon, S. S., Kent-Udolf, L., & Egolf, D. B. (1982). The temporal reliability of Brown's mean length of utterance (MLU-M) measure with post-stage V children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 25, 124–128. doi:10.1044/jshr.2501.124
- Choi, S., & Gopnik, A. (1995). Early acquisition of verbs in Korean: A cross-linguistic study. *Journal of Child Language*, 22, 497–529. doi:10.1017/S0305000900009934
- Chomsky, N. (1965). *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Chomsky, N. (1995). *The minimalist program*. Cambridge, MA : MIT Press.
- Conti-Ramsden, G. (2003). Processing and linguistic markers in young children with specific language impairment (SLI). *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 1029–1037. doi:10.1044/1092-4388(2003/082)
- Conti-Ramsden, G., Botting, N., & Faragher, B. (2001). Psycholinguistic markers for specific language impairment (SLI). *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 42, 741–748. doi:10.1111/1469-7610.00770

- Cortina, J. M. (2002). Big things have small beginnings: An assortment of “minor” methodological misunderstandings. *Journal of Management*, 28, 339–362. doi:10.1177/014920630202800305
- Cronbach, L. J., & Meehl, P. E. (1955). Construct validity in psychological tests. *Psychological Bulletin*, 52, 281–302. doi:10.1037/h0040957
- Crystal, D., Fletcher, P., & Garman, M. (1976). *The grammatical analysis of language disability: A procedure for assessment and remediation*. New York, NY : Elsevier.
- Dale, P. S., Dionne, G., Eley, T. C., & Plomin, R. (2000). Lexical and grammatical development: A behavioural genetic perspective. *Journal of Child Language*, 27, 619–642. doi:10.1017/S0305000900004281
- Dale, P. S., Harlaar, N., Hayiou-Thomas, M. E., & Plomin, R. (2010). The etiology of diverse receptive language skills at 12 years. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 53, 982–992. doi:10.1044/1092-4388(2009/09-0108)
- Daltrozzo, J., Conway, C. M., & Smith, G. N. L. (2013). Rehabilitating language disorders by improving sequential processing: A review. *The Journal of MacroTrends in Health and Medicine*, 1, 41–57. Récupéré de <http://macrojournals.com>
- Deltour, J.-J. (1992). *Test de closure grammaticale pour enfants de 3 à 9 ans*. Liège, Belgique : Presses universitaires de Liège.
- DeThorne, L. S., Harlaar, N., Petrill, S. A., & Deater-Deckard, K. (2012). Longitudinal stability in genetic effects on children's conversational language productivity. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55, 739–753. doi:10.1044/1092-4388(2011/11-0014)
- DeThorne, L. S., Petrill, S. A., Hart, S. A., Channell, R. W., Campbell, R. J., Deater-Deckard, K., . . . Vandenberg, D. J. (2008). Genetic effects on children's conversational language use. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 423–435. doi:10.1044/1092-4388(2008/031)
- Dever, R. B. (1972). A comparison of the results of a revised version of Berko's test of morphology with the free speech of mentally retarded children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 15, 169–178. doi:10.1044/jshr.1501.169
- Dionne, G., Dale, P. S., Boivin, M., & Plomin, R. (2003). Genetic evidence for bidirectional effects of early lexical and grammatical development. *Child Development*, 74, 394–412. doi:10.1111/1467-8624.7402005
- Dunn, L. M., Thériault-Whalen, C. M., & Dunn, L. M. (1993). *Échelle de vocabulaire en images Peabody : Adaptation française du Peabody Picture Vocabulary Test-Revised*. Toronto, Canada : Psycan.
- Dunn, M., Flax, J., Sliwinski, M., Aram, D. (1996). The use of spontaneous language measures as criteria for identifying children with specific language impairment: An attempt to reconcile clinical and research incongruence. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39, 643–654. doi:10.1044/jshr.3903.643
- Eichenbaum, H. (2000). A cortical-hippocampal system for declarative memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 1, 41–50. doi:10.1038/35036213
- Ellis, N. C. (1998). Emergentism, connectionism and language learning. *Language Learning*, 48, 631–664. doi:10.1111/0023-8333.00063

- Ellis, N. C., & Sinclair, S. G. (1996). Working memory in the acquisition of vocabulary and syntax: Putting language in good order. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 49, 234–250. doi:10.1080/713755604
- Evans, J. L., Saffran, J. R., & Robe-Torres, K. (2009). Statistical learning in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 321–335. doi:10.1044/1092-4388(2009/07-0189)
- Fenson, L., Dale, P. S., Bates, E., Reznick, J. S., Thal, D. J., & Pethick, S. (1994). Variability in early communicative development. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 59, 1–173. doi:10.2307/1166093
- Fenson, L., Pethick, S., Renda, C., Cox, J. L., Dale, P. S., & Reznick, J. S. (2000). Short-form versions of the MacArthur Communicative Development Inventories. *Applied Psycholinguistics*, 21, 95–116. doi:10.1017/S0142716400001053
- Fernald, A., Perfors, A., & Marchman, V. A. (2006). Picking up speed in understanding: Speech processing efficiency and vocabulary growth across the 2nd year. *Developmental Psychology*, 42, 98–116. doi:10.1037/0012-1649.42.1.98
- Fey, M. E., Catts, H. W., Proctor-Williams, K., Tomblin, J. B., & Zhang, X. (2004). Oral and written story composition skills of children with language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47, 1301–1318. doi:10.1044/1092-4388(2004/098)
- Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., DeFries, J. C., Corley, R. P., & Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of Experimental Psychology: General*, 137, 201–225. doi:10.1037/0096-3445.137.2.201
- Friedmann, N., Aram, D., & Novogrodsky, R. (2011). Definitions as a window to the acquisition of relative clauses. *Applied Psycholinguistics*, 32, 687–710. doi:10.1017/S0142716411000026
- Gelfand, J. R., & Bookheimer, S. Y. (2003). Dissociating neural mechanisms of temporal sequencing and processing phonemes. *Neuron*, 38, 831–842. doi:10.1016/S0896-6273(03)00285-X
- Girouard, P. C., Ricard, M., & Gouin Décarie, T. (1997). The acquisition of personal pronouns in French-speaking and English-speaking children. *Journal of Child Language*, 24, 311–326. doi:10.1017/S030500099700305X
- Gleitman, L. (1990). The structural sources of verb meanings. *Language Acquisition*, 1, 3–55. doi:10.1207/s15327817la0101_2
- Gutierrez-Ciellen, V. F. (1998). Syntactic skills of Spanish-speaking children with low school achievement. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 29, 207–215. doi:10.1044/0161-1461.2904.207
- Hauser, M. D., Chomsky, N., & Fitch, W. T. (2002). The faculty of language: What is it, who has it, and how did it evolve? *Science*, 298, 1569–1579. doi:10.1126/science.298.5598.1569
- Hayiou-Thomas, M. E., Dale, P. S., & Plomin, R. (2012). The etiology of variation in language skills changes with development: a longitudinal twin study of language from 2 to 12 years. *Developmental Science*, 15, 233–249. doi:10.1111/j.1467-7687.2011.01119.x

- Hayiou-Thomas, M. E., Kovas, Y., Harlaar, N., Plomin, R., Bishop, D. V. M., & Dale, P. S. (2006). Common aetiology for diverse language skills in 4½-year-old twins. *Journal of Child Language*, 33, 339–368. doi:10.1017/S0305000906007331
- Henderson, V. W. (1996). Introduction: The investigation of lexical semantic representation in Alzheimer's disease. *Brain and Language*, 54, 179–183. doi:10.1006/brln.1996.0069
- Hewitt, L. E., Hammer, C. S., Yont, K. M., & Tomblin, J. B. (2005). Language sampling for kindergarten children with and without SLI: Mean length of utterance, IPSYN, and NDW. *Journal of Communication Disorders*, 38, 197–213. doi:10.1016/j.jcomdis.2004.10.002
- Hoekstra, R. A., Bartels, M., & Boomsma, D. I. (2007). Longitudinal genetic study of verbal and nonverbal IQ from early childhood to young adulthood. *Learning and Individual Differences*, 17, 97–114. doi:10.1016/j.lindif.2007.05.005
- Hoff, E. (2006). How social contexts support and shape language development. *Developmental Review*, 26, 55–88. doi:10.1016/j.dr.2005.11.002
- Hoff, E. (2009). *Language development* (4e éd.). Belmont, CA : Wadsworth.
- Hsu, H. J., & Bishop, D. V. M. (2010). Grammatical difficulties in children with specific language impairment: Is learning deficient? *Human Development*, 53, 264–277. doi:10.1159/000321289
- Huttenlocher, J., Levine, S., & Vevea, J. (1998). Environmental input and cognitive growth: A study using time-period comparisons. *Child Development*, 69, 1012–1029. doi:10.2307/1132360
- Huttenlocher, J., Vasilyeva, M., Cymerman, E., & Levine, S. (2002). Language input and child syntax. *Cognitive Psychology*, 45, 337–374. doi:10.1016/S0010-0285(02)00500-5
- Jakubowicz, C., Nash, L., Rigaut, C., & Gérard, C.-L. (1998). Determiners and clitic pronouns in French-speaking children with SLI. *Language Acquisition*, 7, 113–160. doi:10.1207/s15327817la0702-4_3
- Jamadar, S., Powers, N. R., Meda, S. A., Gelernter, J., Gruen, J. R., & Pearlson, G. D. (2011). Genetic influences of cortical gray matter in language-related regions in healthy controls and schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 129, 141–148. doi:10.1016/j.schres.2011.03.027
- Joseph, R. M., McGrath, L. M., & Tager-Flusberg, H. (2005). Executive dysfunction and its relation to language ability in verbal school-age children with autism. *Developmental Neuropsychology*, 27, 361–378. doi:10.1207/s15326942dn2703_4
- Judson, C. (2006). *Accuracy of automated Developmental Sentence Scoring software* (Thèse de maîtrise). Récupéré de <http://scholarsarchive.byu.edu>
- Karmiloff-Smith, A. (1986). Some fundamental aspects of language development after age 5. Dans P. Fletcher & M. Garman (Éds.), *Language acquisition* (2e éd., pp. 455–474). Cambridge, Royaume-Uni : Cambridge University Press.
- Kemper, S., Rice, K., & Chen, Y. J. (1995). Complexity metrics and growth curves for measuring grammatical development from five to ten. *First Language*, 15, 151–166. doi:10.1177/014272379501504402
- Klee, T., & Fitzgerald, M. D. (1985). The relation between grammatical development and mean length of utterance in morphemes. *Journal of Child Language*, 12, 251–269. doi:10.1017/S0305000900006437

- Klingberg, T., Forssberg, H., & Westerberg, H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 24, 781–791. doi:10.1076/jcen.24.6.781.8395
- Knopman, D., & Nissen, M. J. (1991). Procedural learning is impaired in Huntington's disease: Evidence from the serial reaction time task. *Neuropsychologia*, 29, 245–254. doi:10.1016/0028-3932(91)90085-M
- Kochunov, P., Fox, P., Lancaster, J., Tan, L. H., Amunts, K., Zilles, K., . . . Gao, J. H. (2003). Localized morphological brain differences between English-speaking Caucasians and Chinese-speaking Asians: New evidence of anatomical plasticity. *NeuroReport*, 14, 961–964. doi:10.1097/01.wnr.0000075417.59944.00
- Kovas, Y., Hayiou-Thomas, M. E., Oliver, B., Dale, P. S., Bishop, D. V. M., & Plomin, R. (2005). Genetic influences in different aspects of language development: The etiology of language skills in 4.5-year-old twins. *Child Development*, 76, 632–651. doi:10.1111/j.1467-8624.2005.00868.x
- Kramer, C. A., James, S. L., & Saxman, J. H. (1979). A comparison of language samples elicited at home and in the clinic. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 4, 321–330. doi:10.1044/jshd.4403.321
- Lecocq, P. (1996). *L'ÉCO.S.E : Une épreuve de compréhension syntaxico-sémantique*. Villeneuve d'Ascq, France : Presses universitaires du Septentrion.
- Ledgerwood, A., & Shrout, P. E. (2011). The trade-off between accuracy and precision in latent variable models of mediation processes. *Journal of Personality and Social Psychology* 101, 1174–1188. doi:10.1037/a0024776
- Lee, L. L. (1974). *Developmental sentence analysis: A grammatical assessment procedure for speech and language clinicians*. Evanston, IL : Northwestern University Press.
- Lever, R., & Sénéchal, M. (2011). Discussing stories: On how a dialogic reading intervention improves kindergartners' oral narrative construction. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108, 1–24. doi:10.1016/j.jecp.2010.07.002
- Lobo, M. K., Karsten, S. L., Gray, M., Geschwind, D. H., & Yang, X. W. (2006). FACS-array profiling of striatal projection neuron subtypes in juvenile and adult mouse brains. *Nature Neuroscience*, 9, 443–452. doi:10.1038/nn1654
- Locke, J. (1690). *Essai philosophique concernant l'entendement humain* (P. Coste, Trad.). Paris, France : Honoré Champion. (Ouvrage original publié en 1690)
- Lum, J. A. G., Conti-Ramsden, G., Page, D., & Ullman, M. T. (2012). Working, declarative and procedural memory in specific language impairment. *Cortex*, 48, 1138–1154. doi:10.1016/j.cortex.2011.06.001
- MacWhinney, B. (1987). The competition model. Dans B. MacWhinney (Éd.), *Mechanisms of language acquisition* (pp. 249–308). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- MacWhinney, B. (Éd.). (1999). *The emergence of language*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Maillart, C., Parrisé, C., & Tommerdahl, J. (2012). F-LARSP 1.0: An adaptation of the LARSP language profile for French. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 26, 188–198. doi:10.3109/02699206.2011.602459

- Marchman, V. A., & Thal, D. J. (2005). Words and grammar. Dans M. Tomasello & D. I. Slobin (Éds.), *Beyond nature-nurture: Essays in honor of Elizabeth Bates* (pp. 141–164). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Martinot, C. (2005). *Comment parlent les enfants de 6 ans ? Pour une linguistique de l'acquisition*. Besançon, France : Presses universitaires de Franche-Comté.
- Mashburn, A. J., Justice, L. M., Downer, J. T., & Pianta, R. C. (2009). Peer effects on children's language achievement during pre-kindergarten. *Child Development*, 80, 686–702. doi:10.1111/j.1467-8624.2009.01291.x
- McGrath, L. M., Pennington, B. F., Willcutt, E. G., Boada, R., Shriberg, L. D., & Smith, S. D. (2007). Gene × environment interactions in speech sound disorder predict language and preliteracy outcomes. *Development and Psychopathology*, 19, 1047–1072. doi:10.1017/S0954579407000533
- McGue, M., & Bouchard, T. J., Jr. (1984). Adjustment of twin data for the effects of age and sex. *Behavior Genetics*, 14, 325–343. doi:10.1007/BF01080045
- Méresse-Polaert, J. (1969). *Étude sur le langage des enfants de 6 ans*. Neuchâtel, Suisse : Delachaux et Niestlé.
- Mimeau, C., Plourde, V., Ouellet, A.-A., & Dionne, G. (2015). *Comparison of measures of morphosyntactic complexity in French-speaking school-aged children*. Manuscrit soumis pour publication.
- Miyata, S., MacWhinney, B., Otomo, K., Sirai, H., Oshima-Takane, Y., Hirakawa, M., . . . Itoh, K. (2013). Developmental Sentence Scoring for Japanese. *First Language*, 33, 200–216. doi:10.1177/0142723713479436
- Montgomery, J. W. (2003). Working memory and comprehension in children with specific language impairment: What we know so far. *Journal of Communication Disorders*, 36, 221–231. doi:10.1016/S0021-9924(03)00021-2
- Montgomery, J. W., & Evans, J. L. (2009). Complex sentence comprehension and working memory in children with specific language impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 52, 269–288. doi:10.1044/1092-4388(2008/07-0116)
- Montgomery, J. W., Magimairaj, B. M., & Finney, M. C. (2010). Working memory and specific language impairment: An update on the relation and perspectives on assessment and treatment. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 19, 78–94. doi:10.1044/1058-0360(2009/09-0028)
- Morrison, F. J., Smith, L., & Dow-Ehrensberger, M. (1995). Education and cognitive development: A natural experiment. *Developmental Psychology*, 31, 789–799. doi:10.1037/0012-1649.31.5.789
- Murdoch, B. E. (2010). The cerebellum and language: Historical perspective and review. *Cortex*, 46, 858–868. doi:10.1016/j.cortex.2009.07.018
- Murray, L. L., & Lenz, L. P. (2001). Productive syntax abilities in Huntington's and Parkinson's diseases. *Brain and Cognition*, 46, 213–219. doi:10.1016/S0278-2626(01)80069-5
- Nestor, P. J., Fryer, T. D., & Hodges, J. R. (2006). Declarative memory impairments in Alzheimer's disease and semantic dementia. *NeuroImage*, 30, 1010–1020. doi:10.1016/j.neuroimage.2005.10.008

- Newbury, D. F., Paracchini, S., Scerri, T. S., Winchester, L., Addis, L., Richardson, A. J., . . . Monaco, A. P. (2011). Investigation of dyslexia and SLI risk variants in reading- and language-impaired subjects. *Behavior Genetics*, 41, 90–104. doi:10.1007/s10519-010-9424-3
- Newman, A. J., Pancheva, R., Ozawa, K., Neville, H. J., & Ullman, M. T. (2001). An event-related fMRI study of syntactic and semantic violations. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30, 339–364. doi:10.1023/A:1010499119393
- Nippold, M. A., Hesketh, L. J., Duthie, J. K., & Mansfield, T. C. (2005). Conversational versus expository discourse: A study of syntactic development in children, adolescents, and adults. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 48, 1048–1064. doi:10.1044/1092-4388(2005/073)
- Paracchini, S., Thomas, A., Castro, S., Lai, C., Paramasivam, M., Wang, Y., . . . Monaco, A. P. (2006). The chromosome 6p22 haplotype associated with dyslexia reduces the expression of KIAA0319, a novel gene involved in neuronal migration. *Human Molecular Genetics*, 15, 1659–1666. doi:10.1093/hmg/ddl089
- Parisse, C., & Le Normand, M. T. (2006). Une méthode pour évaluer la production du langage spontané chez l'enfant de 2 à 4 ans. *Glossa*, 97, 20–41. Récupéré de <http://www.glossa.fr>
- Parker, M. D., & Brorson, K. (2005). A comparative study between mean length of utterance in morphemes (MLUm) and mean length of utterance in words (MLUw). *First Language*, 25, 365–376. doi:10.1177/0142723705059114
- Pinker, S. (1984). *Language learnability and language development*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Pinker, S. (1994). *The language instinct*. New York, NY : William Morrow and Company.
- Plomin, R., DeFries, J. C., & Loehlin, J. C. (1977). Genotype-environment interaction and correlation in the analysis of human behavior. *Psychological Bulletin*, 84, 309–322. doi:10.1037/0033-2909.84.2.309
- Plomin, R., & Kovas, Y. (2005). Generalist genes and learning disabilities. *Psychological Bulletin*, 131, 592–617. doi:10.1037/0033-2909.131.4.592
- Pungello, E. P., Iruka, I. U., Dotterer, A. M., Mills-Koonce, R., & Reznick, J. S. (2009). The effects of socioeconomic status, race, and parenting on language development in early childhood. *Developmental Psychology*, 45, 544–557. doi:10.1037/a0013917
- Rapin, I. (1996). Practitioner review: Developmental language disorders: A clinical update. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37, 643–655. doi:10.1111/j.1469-7610.1996.tb01456.x
- Rice, M. L., & Wexler, K. (1996). Toward tense as a clinical marker of specific language impairment in English-speaking children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 39, 1239–1257. doi:10.1044/jshr.3906.1239
- Rondal, J. A. (1978). *Langage et éducation*. Bruxelles, Belgique : Mardaga.
- Rondal, J. A. (1979). *Votre enfant apprend à parler*. Bruxelles, Belgique: Mardaga.
- Rondal, J. A. (1997). *L'évaluation du langage*. Sprimont, Belgique : Mardaga.

- Rondal, J. A., Ghiotto, M., Bredart, S., & Bachelet, J. F. (1987). Age-relation, reliability and grammatical validity of measures of utterance length. *Journal of Child Language*, 14, 433–446. doi:10.1017/S0305000900010229
- Rumelhart, D. E., & McClelland, J. L. (1987). Learning the past tenses of English verbs: Implicit rules or parallel distributed processing? Dans B. MacWhinney (Éd.), *Mechanisms of language acquisition* (pp. 195–248). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Rutter, M., & Redshaw, J. (1991). Annotation: Growing up as a twin: Twin-singleton differences in psychological development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 32, 885–895. doi:10.1111/j.1469-7610.1991.tb01916.x
- Saffran, J. R., Aslin, R. N., & Newport, E. L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274, 1926–1928. doi:10.1126/science.274.5294.1926
- Saffran, J. R., & Wilson, D. P. (2003). From syllables to syntax: Multilevel statistical learning by 12-month-old infants. *Infancy*, 4, 273–284. doi:10.1207/S15327078IN0402_07
- Samuelsson, S., Byrne, B., Quain, P., Wadsworth, S., Corley, R., DeFries, J. C., . . . Olson, R. (2005). Environmental and genetic influences on prereading skills in Australia, Scandinavia, and the United States. *Journal of Educational Psychology*, 97, 705–722. doi:10.1037/0022-0663.97.4.705
- Scarborough, H. S. (1990). Index of Productive Syntax. *Applied Psycholinguistics*, 11, 1–22. doi:10.1017/S0142716400008262
- Scarborough, H. S., Rescorla, L., Tager-Flusberg, H., Fowler, A. E., & Sudhalter, V. (1991). The relation of utterance length to grammatical complexity in normal and language-disordered groups. *Applied Psycholinguistics*, 12, 23–45. doi:10.1017/S014271640000936X
- Scarborough, H. S., Wyckoff, J., & Davidson, R. (1986). A reconsideration of the relation between age and mean utterance length. *Journal of Speech and Hearing Research*, 29, 394–399. doi:10.1044/jshr.2903.394
- Schmitz, K., & Müller, N. (2008). Strong and clitic pronouns in monolingual and bilingual acquisition of French and Italian. *Bilingualism: Language and Cognition*, 11, 19–41. doi:10.1017/S1366728907003197
- Schneider, P., Dubé, R. V., & Hayward, D. (2005). *The Edmonton Narrative Norms Instrument*. Récupéré de <http://www.rehabresearch.ualberta.ca/enni>
- Scott, C. M., & Stokes, S. L. (1995). Measures of syntax in school-age children and adolescents. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 26, 309–319. doi:10.1044/0161-1461.2604.309
- Sénéchal, M., Pagan, S., Lever, R., & Ouellette, G. P. (2008). Relations among the frequency of shared reading and 4-year-old children's vocabulary, morphological and syntax comprehension, and narrative skills. *Early Education and Development*, 19, 27–44. doi:10.1080/10409280701838710
- Shiotsu, T., & Weir, C. J. (2007). The relative significance of syntactic knowledge and vocabulary breadth in the prediction of reading comprehension test performance. *Language Testing*, 24, 99–128. doi:10.1177/0265532207071513
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York, NY : Oxford University Press.

- Skinner, B. F. (1957). *Verbal behavior*. New York, NY : Appleton-Century-Crofts.
- Smith, A. (1997). Development and course of receptive and expressive vocabulary from infancy to old age: Administrations of the Peabody Picture Vocabulary Test, third edition, and the Expressive Vocabulary Test to the same standardization population of 2725 subjects. *International Journal of Neuroscience*, 92, 73–78. doi:10.3109/00207459708986391
- Snow, C. E. (1999). Social perspectives on the emergence of language. Dans B. MacWhinney (Éd.), *The emergence of language* (pp. 257–276). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Southwood, F., & Russell, A. F. (2004). Comparison of conversation, freeplay, and story generation as methods of language sample elicitation. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47, 366–376. doi:10.1044/1092-4388(2004/030)
- Stalnaker, L. D., & Creaghead, N. A. (1982). An examination of language samples obtained under three experimental conditions. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 13, 121–128. doi:10.1044/0161-1461.1302.121
- Strik, N. (2007). L'acquisition des phrases interrogatives chez les enfants francophones. *Psychologie française*, 52, 27–39. doi:10.1016/j.psfr.2006.07.003
- Stromswold, K., Caplan, D., Alpert, N., & Rauch, S. (1996). Localization of syntactic comprehension by positron emission tomography. *Brain and Language*, 52, 452–473. doi:10.1006/brln.1996.0024
- Takahashi, K., Liu, F.-C., Hirokawa, K., & Takahashi, H. (2003). Expression of *Foxp2*, a gene involved in speech and language, in the developing and adult striatum. *Journal of Neuroscience Research*, 73, 61–72. doi:10.1002/jnr.10638
- Tan, G. C. Y., Doke, T. F., Ashburner, J., Wood, N. W., & Frackowiak, R. S. J. (2010). Normal variation in fronto-occipital circuitry and cerebellar structure with an autism-associated polymorphism of CNTNAP2. *NeuroImage*, 53, 1030–1042. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.02.018
- Tan, L. H., Spinks, J. A., Feng, C.-M., Siok, W. T., Perfetti, C. A., Xiong, J., . . . Gao, J.-H. (2003). Neural systems of second language reading are shaped by native language. *Human Brain Mapping*, 18, 158–166. doi:10.1002/hbm.10089
- Teichmann, M., Gaura, V., Démonet, J.-F., Supiot, F., Delliaux, M., Verny, C., . . . Bachoud-Lévi, A.-C. (2008). Language processing within the striatum: Evidence from a PET correlation study in Huntington's disease. *Brain*, 131, 1046–1056. doi:10.1093/brain/awn036
- Terrace, H. S., Petitto, L. A., Sanders, R. J., & Bever, T. G. (1979). Can an ape create a sentence? *Science*, 206, 891–902. doi:10.1126/science.504995
- Thordardottir, E. (2005). Early lexical and syntactic development in Quebec French and English: Implications for cross-linguistic and bilingual assessment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 40, 243–278. doi:10.1080/13682820410001729655
- Thordardottir, E., Keheyia, E., Lessard, N., Sutton, A., & Trudeau, N. (2010). Typical performance on tests of language knowledge and language processing of French-speaking 5-year-olds. *Canadian Journal of Speech-Language Pathology and Audiology*, 34, 5–16. Récupéré de <http://cjslpa.ca>

- Toronto, A. S., (1976). Developmental assessment of Spanish grammar. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 41, 150–171. doi:10.1044/jshd.4102.150
- Trudeau, N., Frank, I., Poulin-Dubois, D. (1997). *Inventaire MacArthur-Bates du développement de la communication : mots et énoncés*. Montréal, Canada : Auteurs.
- Trudeau, N., & Sutton, A. (2011). Expressive vocabulary and early grammar of 16- to 30-month-old children acquiring Quebec French. *First Language*, 31, 480–507. doi:10.1177/0142723711410828
- Turkheimer, E., Haley, A., Waldron, M., D'Onofrio, B., & Gottesman, I. I. (2003). Socioeconomic status modifies heritability of IQ in young children. *Psychological Science*, 14, 623–628. doi:10.1046/j.0956-7976.2003.psci_1475.x
- Ullman, M. T. (2004). Contributions of memory circuits to language: The declarative/procedural model. *Cognition*, 92, 231–270. doi:10.1016/j.cognition.2003.10.008
- van der Lely, H. K. J., & Pinker, S. (2014). The biological basis of language: Insight from developmental grammatical impairments. *Trends in Cognitive Sciences*. Prépublication en ligne. doi:http://10.1016/j.tics.2014.07.001
- Vannest, J., Bertram, R., Järvikivi, J., & Niemi, J. (2002). Counterintuitive cross-linguistic differences: More morphological computation in English than in Finnish. *Journal of Psycholinguistic Research*, 31, 83–106. Récupéré de <http://link.springer.com/journal/10936>
- Vargha-Khadem, F., Watkins, K. E., Price, C. J., Ashburner, J., Alcock, K. J., Connelly, A., . . . Passingham, R. E. (1998). Neural basis of an inherited speech and language disorder. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 95, 12695–12700. doi:10.1073/pnas.95.21.12695
- Vasilyeva, M., Waterfall, H., & Huttenlocher, J. (2008). Emergence of syntax: Commonalities and differences across children. *Developmental Science*, 11, 84–97. doi:10.1111/j.1467-7687.2007.00656.x
- Venuti, P., de Falco, S., Esposito, G., Zannella, N., Villotti, P., & Bornstein, M. H. (2011, avril). *Mean length of utterance (MLU) in children aged 4 to 9 years: A cross-sectional study*. Affiche présentée au congrès de la Society for Research in Child Development, Montréal, Canada.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- Wagner, C. R., Nettelbladt, U., Sahlén, B., & Nilholm, C. (2000). Conversation versus narration in pre-school children with language impairment. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 35, 83–93. doi:10.1080/136828200247269
- Watkins, K. E., Dronkers, N. F., & Vargha-Khadem, F. (2002). Behavioural analysis of an inherited speech and language disorder: Comparison with acquired aphasia. *Brain*, 125, 452–464. doi:10.1093/brain/awf058
- Wechsler, D. (1991). *Wechsler Intelligence Scale for Children* (3e éd.). San Antonio, TX : Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (2002). *Wechsler Preschool and Primary Scale of Intelligence* (3e éd.). San Antonio, TX : Psychological Corporation.

- Weizman, Z. O., & Snow, C. E. (2001). Lexical input as related to children's vocabulary acquisition: Effects of sophisticated exposure and support for meaning. *Developmental Psychology*, 37, 265–279. doi:10.1037/0012-1649.37.2.265
- Wright, M., De Geus, E., Ando, J., Luciano, M., Posthuma, D., Ono, Y., . . . Boomsma, D. (2001). Genetics of cognition: Outline of a collaborative twin study. *Twin Research*, 4, 48–56. doi:10.1375/1369052012146
- Zhao, X., Wang, Y. X., Liu, D. W., & Zhou, R. L. (2011). Effect of updating training on fluid intelligence in children. *Chinese Science Bulletin*, 56, 2202–2205. doi:10.1007/s11434-011-4553-5

Annexe A :

Morphosyntactic Complexity Scale

Score	Articles	Personal and Impersonal Pronouns	Prepositions and Adverbs	Verb Tenses	Clause Types	Relations
1		<i>moi</i>	Preposition of possession	Imperative	Imperative	
					Affirmative declarative	
			<i>pour</i>		Interrogative based on intonation	
2	<i>un, une</i>	<i>toi, je, tu, il</i>	Adverb of place		Interrogative with interrogative word without subject-verb order inversion	Coordination (except of cause or result)
3	<i>le, la</i>	<i>elle, vous, me, le, la</i>	Preposition of place	Present infinitive		
			<i>avec</i> (comitative)	Present		
4	<i>des, les</i>	<i>nous, on</i>		Compound past		
				Periphrastic future		
5		<i>lui, eux, ils, elles, les, te, soi, se, leur, en, y</i>	<i>avec</i> (instrumental)		Negative declarative	Relative clause
						Noun clause
						Adverbial clause or coordination of cause
						Adverbial clause or coordination of result
6			Adverb of time	Past infinitive		Adverbial clause (except of cause, result, or time)
7				Simple future	Interrogative with subject-verb order inversion	
				Imperfect		
8			Preposition of time	Conditional		Adverbial clause of time
				Other tenses		
9					Passive	

Annexe B :

Formulas Used in the Genetic Analyses

Univariate Genetic Analyses

Parameters a , c , and e were estimated using the following formulas:

- Variance = $a^2 + c^2 + e^2$;
- Co-twin variance in MZ twins = $(1*a^2) + (1*c^2) + (0*e^2)$
(as MZ twins share 100% of their genes, 100% of their shared environment, and 0% of their unique environment);
- Co-twin variance in DZ twins = $(0.5*a^2) + (1*c^2) + (0*e^2)$
(as DZ twins share 50% of their genes on average, 100% of their shared environment, and 0% of their unique environment).

Multivariate Latent Factor Genetic Analyses

For the two latent factors, parameters a , c , and e were estimated using the following formulas, where V represents variance in vocabulary, CS represents variance in syntax that is common to vocabulary, and US represents variance in syntax that is unique to syntax:

- Variance in the Vocabulary factor = $a_V^2 + c_V^2 + e_V^2$;
- Variance in the Syntax factor = $(a_{CS}^2 + a_{US}^2) + (c_{CS}^2 + c_{US}^2) + (e_{CS}^2 + e_{US}^2)$;
- Covariance between the factors = $(a_V * a_{CS}) + (c_V * c_{CS}) + (e_V * e_{CS})$.

Formulas specific to MZ and DZ twins were also used for the estimation of the parameters. As explained previously, for MZ twins, parameters a and c need to be multiplied by 1, and parameters e , by 0. For DZ twins, parameters a need to be multiplied by 0.5, parameters c , by 1, and parameters e , by 0:

- Co-twin variance in MZ/DZ twins in the Vocabulary factor = $(1/0.5*a_V^2) + (1*c_V^2) + (0*e_V^2)$;
- Co-twin variance in MZ/DZ twins in the Syntax factor =
 $1/0.5*(a_{CS}^2 + a_{US}^2) + 1*(c_{CS}^2 + c_{US}^2) + 0*(e_{CS}^2 + e_{US}^2)$;
- Co-twin covariance in MZ/DZ twins between the factors = $1/0.5*(a_V * a_{CS}) + 1*(c_V * c_{CS}) + 0*(e_V * e_{CS})$.

For each of the four measures, residual parameters a , c , and e were estimated using the same formulas as those used in the univariate analyses.

For the association between the Vocabulary factor (V) and the Syntax factor (S), parameters a , c , and e were calculated as follows:

- $a_{VS} = a_V * a_{CS} / (a_V * a_{CS} + c_V * c_{CS} + e_V * e_{CS})$;
- $c_{VS} = c_V * c_{CS} / (a_V * a_{CS} + c_V * c_{CS} + e_V * e_{CS})$;
- $e_{VS} = e_V * e_{CS} / (a_V * a_{CS} + c_V * c_{CS} + e_V * e_{CS})$.

Finally, the correlations were calculated as follows:

- $r_A = a_V * a_{CS} / \sqrt{a_V^2 * (a_{CS}^2 + a_{US}^2)}$;
- $r_C = c_V * c_{CS} / \sqrt{c_V^2 * (c_{CS}^2 + c_{US}^2)}$;
- $r_E = e_V * e_{CS} / \sqrt{e_V^2 * (e_{CS}^2 + e_{US}^2)}$.